

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平9-509024

(43) 公表日 平成9年(1997)9月9日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I
H 04 N 7/32		4228-5C	H 04 N 7/137
5/92		9382-5K	H 03 M 7/36
7/110 3 M 7/36		9563-5C	H 04 N 5/92

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全172頁)

(21) 出願番号	特願平7-520098
(86) (22) 出願日	平成7年(1995)1月20日
(85) 翻訳文提出日	平成8年(1996)7月26日
(86) 國際出願番号	PCT/US95/00773
(87) 國際公開番号	WO95/20863
(87) 國際公開日	平成7年(1995)8月3日
(31) 優先権主張番号	08/187,595
(32) 優先日	1994年1月26日
(33) 優先権主張国	米国(US)

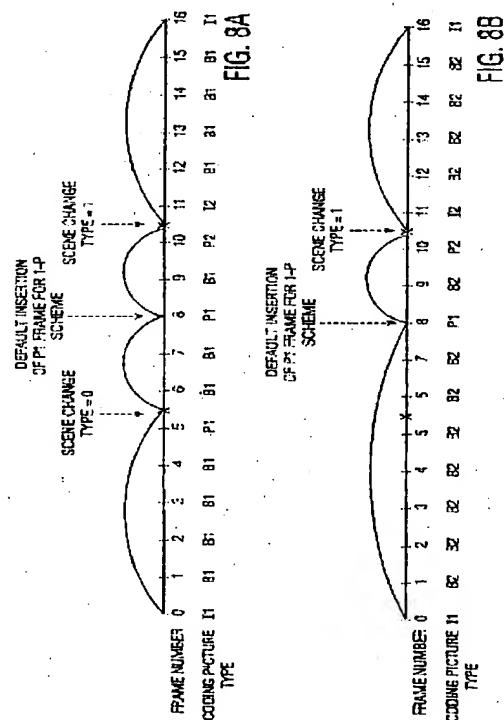
(71) 出願人	ビーティーシー ユーエスエー インコーポレイテッド アメリカ合衆国 19406 ペンシルベニア州 ガルフミルズ ルネッサンスビジネスパーク ルネッサンスブルバード2200リード ジョンウ アメリカ合衆国 ニュージャージー州 マーサー郡 プリンストン ブラッドリコート1403
(72) 発明者	
(74) 代理人	弁理士 高月 猛

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 時間適応型動き補間を用いる画像データの圧縮方法ならびにその装置

(57) 【要約】

ビデオデータを圧縮するためのシステムにおいて、基準フレームを指定し間隔を決める際に使用するため、複数の連続フレーム間のグローバルモーションの度合を、フレームのいくつかの間の動きの所定のしきい値またはレベルを越える全体的な動きに対して決定する。



【特許請求の範囲】

1. フレーム間のグローバルモーションの度合を決定するステップと、前記フレーム間で測定したグローバルモーションの度合に応じて基準フレーム間のスペーシングを調節するステップと、を含むビデオデータ圧縮方法。
2. 画面変化の異なる種類を表わすように、フレーム間の動きの大きさ又はレベルについて異なるしきい値を設定するステップと、前記予め設定したフレーム間の動きに対するしきい値レベルに基づいて個々のフレームに異なるビットレートを割り当てるステップと、をさらに含む請求の範囲1に記載のビデオデータ圧縮方法。
3. フレーム間で測定したグローバルモーションの度合に基づいて、各フレームのビデオ符号化のためのビットレートを割り当てるステップをさらに含む請求の範囲1に記載のビデオデータ圧縮方法。
4. 前記しきい値設定ステップは、前記一対の連続フレーム間の1型画面変化を、一対の連続フレーム間の測定された動きが実質的な画面乃至ピクチャの変化に関する T_1 しきい値を超える場合に生じるものとして指定するステップと、1型画面変化に続き、最初に生じるフレーム乃至先行するフレームをP2フレームとして指定し、また2番目に生じるフレーム乃至後のフレームをI2フレームとして指定し、それを前記割り当てステップによる所定のビットレートとするステップと、をさらに含む請求の範囲2に記載のビデオデータ圧縮方法。
5. 前記しきい値設定ステップは、前記一対の連続フレーム間の0型画面変化を、一対の連続フレーム間の測定された動きが実質的な画面乃至ピクチャの変化に関する T_0 しきい値を超える場合に生じるものとして指定するステップと、直前の基準フレームと連続フレームからの積算した動きが T_0 、しきい値を超えるときを検出し、前記連続フレームの直前のフレームを、前記割り当てステップによる所定のビットレートの基準フレームであるP1フレームとして指定するステップと、をさらに含む請求の範囲2に記載のビデオデータ圧縮方法。
6. 前記しきい値設定ステップは、

前記一对の連続フレーム間のO型画面変化を、一对の連続フレーム間の測定された動きが実質的な画面乃至ピクチャに関する T_0 しきい値を超える場合に生じるものとして指定するステップと、

直前の基準フレームと連続フレームからの積算した動きが T_0 しきい値を超えるときを検出し、前記連続フレームの直前のフレームを、前記割り当てステップによる所定のビットレートの基準フレームであるP1フレームとして指定するステップと、をさらに含む請求の範囲4に記載のビデオデータ圧縮方法。

7. 基準フレーム間の連続フレームをそれぞれBフレームに指定するステップをさらに含む請求の範囲6に記載の方法。

8. 所定数の連続フレームをピクチャグループ(GOP)に設定することで、前記連続フレームを複数の連続GOPにグループ化するステップと、

前記複数のGOPのそれぞれの第1フレームを前記割り当てステップによる所定のビットレートのI1フレームとして指定するステップと、をさらに含む請求の範囲6に記載の方法。

9. 少なくとも1つのO型画面変化が検出された前記複数のGOPのそれぞれについて、複数のフレームを基準フレーム間のB1フレームとして指定し、前記B1フレームのそれは前記割り当てステップによる所定のビットレートを有するようとするステップと、

O型画面変化が検出されなかった前記複数のGOPのそれぞれについて、複数のフレームを基準フレーム間のB2フレームとして指定し、前記B2フレームはそれが前記割り当てステップによる所定のビットレートを有するようとするステップと、をさらに含む請求の範囲8に記載の方法。

10. 前記I1とI2フレームは内部フレームであり、前記P1及びP2フレームは予測フレームであり、そして前記B1とB2フレームは双方向補間フレームである請求の範囲9に記載の方法。

11. 前記割り当てステップは、

相対的に高いビットレートをI1に指定のフレームに割り当てるステップと、
第2に高いビットレートをP1に指定のフレームに割り当てるステップと、
第3に高いビットレートをB2に指定のフレームに割り当てるステップと、

相対的に低いビットレートを I 2、P 2、B 1 に指定のフレームに割り当てるステップと、をさらに含む請求の範囲 9 に記載の方法。

1 2. 前記割り当てステップは、

I 1 フレームにはビットレート 200 キロバイト／毎秒、P 1 フレームには 100 キロバイト／毎秒、B 2 フレームには 10 キロバイト／毎秒以上、そして B 1、I 2、P 2 フレームには 10 キロバイト／毎秒をそれぞれ割り当てるステップを含む請求の範囲 11 に記載の方法。

1 3. 前記割り当てステップでは、人間の視覚における前方向時間マスキングを利用する方法で前記フレームにビットレートを割り当てることで、画面変化における直後のフレームが粗く符号化される請求の範囲 2 に記載の方法。

1 4. 前記割り当てステップでは、得られた符号化方式において後方向時間マスキング効果を利用する方法で前記フレームにビットレートを割り当てることで、画面変化が連続する 2 つのフレーム間の比較的大きな動きを含む場合に、画面変化の直前のフレームと直後のフレームを比較的低いビットレートの割り当てにより粗く符号化する請求の範囲 2 に記載の方法。

1 5. フレーム間で測定したグローバルモーションの度合に基づいて基準フレームを内部 (I) と予測 (P) に割り当てるステップをさらに含む請求の範囲 3 に記載の方法。

1 6. 基準フレーム間に双方向補間フレーム (B) を割り当てるステップをさらに含む請求の範囲 15 に記載の方法。

1 7. 前記 T_1 しきい値の大きさは前記 T_0 、しきい値の大きさの約 4 倍大きくしておき、前記 T_1 しきい値が一对の連続フレーム間の完全な画面乃至ピクチャ変化を表わすようにした請求の範囲 6 に記載の方法。

1 8. 画面変化に続くフレームの画質低下が感知されないようにするために、画面変化に続くフレームの前記ビットレートを最大ビットレートまで徐々に増加させるステップをさらに含む請求の範囲 9 に記載の方法。

1 9. P 1 および／または P 2 と、B 1 および／または B 2 フレームの前記指定した部分を使用して動き補償補間符号器により前記フレームを処理し、前記関連するビデオデータを符号化乃至圧縮するステップをさらに含む請求の範囲 11 に

記載の方法。

20. フレーム間の動きを決定するためにテレスコピック動きベクトル検索を使用するステップをさらに含む請求の範囲19に記載の方法。

21. 前記符号器でフレーム処理に使用している前記ビットレートを検出するステップと、

前記符号器で実際のビットレートと目標ビットレートの間の偏差乃至エラーに比例してフレームの量子化の粗さを調節するステップと、をさらに含む請求の範囲19に記載の方法。

22. 前記得られたピクチャの画質を実質的に最大にするために、P1フレームをB1フレームに置き換えることで、フレーム間の動きの大きなセグメントにおいて量子化したP1フレームの個数を制限するステップをさらに含む請求の範囲21に記載の方法。

23. GOP間について、指定されたI1、I2、P1、P2の各フレームに同数のビットをそれぞれ割り当てるステップをさらに含む請求の範囲11に記載の方法。

24. 指定されたI1、I2、P1、P2、B1、B2の各フレームに割り当たビット数を検索された0型画面変化の個数に応じてそれぞれGOP間について変化させるステップと、

指定されたI1、I2、P1、P2、B1、B2の各フレーム間のビット割り当てる比率をGOP内のフレーム間について一定に維持するステップと、をさらに含む請求の範囲11に記載の方法。

25. 前記調節ステップが式：

$$TB = XTB [TB R_{GOP} / ABR_{GOP}]$$

にしたがい、TBは目標ビット割り当て、XTBは直前のフレームでの目標ビット割り当て、ABR_{GO}Pは実際のビットレート、TB R_{GO}Pは目標GOPビットレートである請求の範囲21に記載の方法。

26. デフォルトとして各GOPの構造内にn個（nは整数1、2、……）のP1フレームを挿入して基準フレーム間の符号化遅延および距離を減少させるステップと、

連続フレームの最初のフレームを第1のデフォルトP1に、次の連続フレームの最初のフレームを次に発生するデフォルトP1にと、全てのフレームが符号化するまで反復的に符号化することにより、前記符号器で各GOPを処理するステップと、をさらに含む請求の範囲19に記載の方法。

27. Nが奇数の時は偶数個のフレームを有するように各GOPを調節するステップと、

Nが偶数の時は奇数個のフレームを有するように各GOPを調節するステップと、をさらに含む請求の範囲26に記載の方法。

28. B2フレームについてのビット割り当てを式：

$$|B2| = |B1| + \frac{|P1| - |B1|}{M - N - 1}$$

式中のNは|P1|フレームの個数、Mは各GOP内のフレーム個数、|B1|はB1フレームのビット割り当て、|P1|はP1フレームのビット割り当て；により計算するステップをさらに含む請求の範囲9に記載の方法。

29. 時間的に変化がはげしい領域に余分にP1フレームを挿入してさらに一定した知覚的なピクチャ画質を生成するステップをさらに含む請求の範囲24に記載の方法。

30. 前記挿入ステップは式：

$$R = \frac{30}{M} [R_{i1} + k R_{p1} + (M - 1 - k) R_{b1}]$$

を満たすステップを含み、式中のkはP1を割り当てたフレームの個数、MはGOPの大きさ、R_{i1}、R_{p1}、R_{b1}はそれぞれI1、P1、B1フレームへのビットレート割り当て、Rは毎秒のチャンネルビットレートであり、そしてR_{i1}、R_{p1}、R_{b1}がRを所望の一定値に維持するように調整される請求の範囲29に記載の方法。

31. 前記グローバルモーション決定ステップでは、ヒストグラムの差(DOH)、差分のヒストグラム(HOD)、ブロックヒストグラムの差(BH)、ブロック変動の差(BV)、動き補償エラー(MCE)を含む5種類の異なる距離測定のいずれか1つを時間的セグメンテーションのために用いる請求の範囲1に

記載の方法。

3 2. 前記割り当てステップは、所定のしきい値レベルを越える関連フレーム間の動きの大きさに基づいて内部フレーム (I) および／または予測フレーム (P) として個別のフレームを割り当てるステップを含む請求の範囲 2 に記載の方法。

3 3. I 1、I 2、P 1、P 2 基準フレーム間のフレームスペーシングを実質的に最適化するために前記 P 1 に指定のフレームを最適スペーシングにするステップをさらに含む請求の範囲 6 に記載の方法。

3 4. 前記最適スペーシングにするステップは、

0型しきい値検出で初期に P 1 に指定したフレーム位置と 1型しきい値検出でそれぞれ I 2 と P 2 に指定した一対のフレーム位置の間の距離平均からの偏差を最小にするステップと、

最適スペーシングの P 1 フレームに基づいて各 G O P の構造を決定するステップと、を含む請求の範囲 3 3 に記載の方法。

3 5. 前記最適スペーシングのステップは、動きベクトルを決定するために各フレームを排他的検索するステップを含む請求の範囲 3 4 に記載に方法。

3 6. 前記最適スペーシングのステップは、フレーム間の動きベクトル情報を決定するために後ろ向きテレスコピック検索を使用するステップを含む請求の範囲 3 4 に記載の方法。

3 7. G O P 間について、I 1、I 2、P 1、P 2、B 1 フレームの各形式についてビット割り当てを変化させるステップと、

前記フレーム形式のそれぞれについて前記ビットレートを一定に維持するステップと、

をさらに含む請求の範囲 1 1 に記載の方法。

3 8. 前記ビット割り当てを変化させるステップにおいて、式：

$$D_t = C_t \frac{R}{2(C_{I1} + NC_{P1} + (M-N-1)C_{B1})}$$

にしたがって各 G O P についての目標ビット割り当てを割り当てるステップをさらに含み、式中の D_t はピクチャタイプ t についての前記目標ビット割り当て、

ては I 1、I 2、P 1、P 2 または B 1；C_{I1}、C_{P1}；C_{B1} のいずれかである、請求の範囲 3 7 に記載の方法。

3 9. 前記最適スペーシングにするステップは、フレーム間の 2 進検索を行ない、0 型しきい値変化の P 1 を指定したフレームについて実質的に等距離の位置を見つけるステップを含む請求の範囲 3 3 に記載の方法。

4 0. 前記フレームが表わすビデオデータから空間サブバンドを形成するステップをさらに含み、このステップに、連続フレームの選択された空間サブバンドを用いてグローバルモーションの度合を決定するための前記グローバルモーション決定ステップが続く請求の範囲 1 に記載の方法。

4 1. 前記空間サブバンド形成ステップは、

各フレームの前記ビデオデータの 1 つの空間方向に対してローパスまたはハイパス空間周波成分と第 2 の空間方向についてローパスまたはハイパス空間周波成分からなる派生画像を形成するステップと、

両方の空間方向で各画像について前記派生画像をサブサンプリングして前記空間サブバンドを取得するステップと、を含む請求の範囲 4 0 に記載の方法。

4 2. 前記空間サブバンド形成ステップは、

各フレームの前記ビデオデータを連続してローパスフィルタおよびハイパスフィルタそれぞれに通して、各空間方向に 2 つのフィルタ処理画像を取得するステップと、

各空間方向に 2 の倍数でサブサンプリングし各フレームについて 1 つのフィルタ処理画像をそれぞれサンプリングするステップであって、それぞれの得られた部分画像がこれの派生した元の画像の 1/4 の画素数を有するようにするステップと、を含む請求の範囲 4 0 に記載の方法。

4 3. 前記空間サブバンド形成ステップは、

各フレームの前記ビデオデータをローパスおよびハイパスフィルタの両方の第 1 段と第 2 段に連続して通し、最低の第 1 段サブバンドの 1 つの空間方向について前記ローパスまたはハイパス周波数成分と第 2 の空間方向について前記ローパスまたはハイパス空間周波数成分とからなる第 2 段サブバンド画像を取得するステップと、

各フレームについて各空間方向それぞれで前記第2段サブバンド画像をサブサンプリングし、それぞれの得られた部分画像がこれの派生した元の画像の1/16の画素数を有するようにするステップと、

前記第2段サブバンド画像の最低のサブバンドを用いて前記グローバルモーションを決定するステップを実行するステップと、を含む請求の範囲40に記載の方法。

44. 連続フレームの所定個数をピクチャグループ (G O P) として設定することで、連続フレームを複数の連続G O Pにグループ分けするステップと、

フレーム間のグローバルモーションの所定のしきい値を設定し、IおよびP型基準フレームを指定し、その間の他のフレームは全てB型フレームに指定するステップと、

1つのフレーム形式から前記1つのフレーム形式の次の連続フレームへ変化する画面の複雑さに対応する各フレーム形式で前記目標ビット割り当てを変化させるステップと、をさらに含む請求の範囲40に記載の方法。

45. M P E G標準に準拠してI、P、Bフレームを用いるビデオデータ圧縮システムにおいて、

ピクチャグループ (G O P) のフレーム間の時間的動きのしきい値を予め設定してIおよびPフレームを指定するステップと、

IフレームとPフレーム、Iフレームどうし、またはPフレームどうしの対のいずれか1つの間にそれぞれ配置したフレームをBフレームに指定するステップと、を含む方法。

46. 所定数のフレームを含むピクチャグループ (G O P) により関連させられたビデオデータからなるビデオデータを圧縮するシステムであって、

前記フレーム間のグローバルモーションの度合を決定するための動き検出手段と、

前記動き検出手段からの前記グローバルモーションの測定値に応じて、基準フレーム間のスペーシングを指定し調節するための手段と、

前記基準フレームを符号化するための符号化手段と、を含むシステム。

47. 前記指定手段は、フレーム間のグローバルモーションに対して前記基準フ

フレームをIおよび/またはP、およびBフレームとして符号化するための手段を含む請求の範囲46に記載のシステム。

48. 前記動き検出手段は、直前の基準フレームと後続フレームからの積算した動きが所定の T_0 しきい値を越える時点を検出し、前記指定手段が前記後続フレームの直前のフレームをP1フレームに指定することで応答するようとするための0型画面変化検出器手段を含む請求の範囲46に記載のシステム。

49. 前記動き検出手段は、2つの連続フレーム間のグローバルモーションが実質的な画面乃至ピクチャの変化を表わす所定の T_1 しきい値を越える時点を検出し、前記指定手段が前記2つの連続フレームの第1に発生するフレームをP2フレームに、また前記2つの連続フレームの他方乃至第2に発生するフレームをI2フレームに指定することで応答するようとするための1型画面変化検出器手段を含む請求の範囲46に記載のシステム。

50. 前記動き検出手段は、2つの連続フレーム間のグローバルモーションが実質的な画面乃至ピクチャの変化を表わす所定の T_1 しきい値を越える時点を検出し、前記指定手段が前記2つの連続フレームの第1に発生するフレームをP2フレームに、また前記2つの連続フレームの他方乃至第2に発生するフレームをI2フレームに指定することで応答するようとするための1型画面変化検出器手段をさらに含む請求の範囲48に記載のシステム。

51. 前記フレームはピクチャグループ(GOP)に構成されそのそれが所定数の連続フレームからなり、前記符号器手段はさらに、任意のGOPを符号化するために使用するビット数が前記システムのビット容量を越えないようにするためのビットレート制御手段を含む請求の範囲50に記載のシステム。

52. 基準フレームを含むフレームのグループに含まれるビデオデータを圧縮するための装置であって、

フレーム間のグローバルモーションを決定するための手段と、
決定した前記グローバルモーションに応じて前記グループ内のフレームの形式を分類するための手段と、

分類に基づいてフレームを処理するための動き補償符号器手段と、を含む装置

5 3. 前記分類するための手段は、隣接するフレームの第1のものをP2フレー

ムに、前記隣接するフレームの後のものをI2フレームに、これらの間の前記グローバルモーションが画面変化を表わす任意の値を越える場合に分類することを含む請求の範囲52に記載の装置。

5 4. 直前の基準フレームに対して任意の値を越えるグローバルモーションを有するフレームに先行するフレームがP1フレームに指定されることを含む請求の範囲52に記載の装置。

5 5. 前記グループ内のN個のフレームをデフォルトのP1フレームとして分類するための手段をさらに含む請求の範囲52に記載の装置。

5 6. P1として分類された前記N個のフレームは任意のフレーム間隔で発生することを含む請求の範囲55に記載の装置。

5 7. デフォルトのP1フレームとして分類された隣接フレームがこれらの間に同じ量のグローバルモーションを有することを含む請求の範囲55に記載の装置。

5 8. 所定数のフレームを含むピクチャグループ(GOP)により関連させられたビデオデータからなるビデオデータを圧縮するシステムであって、

前記ビデオデータを受信し、それぞれ個別のフレームのサブサンプリングした画素を全体として表わす複数の空間サブバンドを前記ビデオデータから抽出するためのサブバンドビデオ符号化手段と、

前記フレームの前記空間サブバンドのサブサンプリングした対応画素それぞれの間のグローバルモーションの度合を決定するための動き検出手段と、

前記動き検出手段からの前記グローバルモーション測定値に応じて基準フレーム間のスペーシングを指定し調節するための手段と、

前記基準フレームの前記空間的サブバンドをそれぞれ符号化するためのサブバンド符号化手段と、を含むシステム。

5 9. 前記指定手段は、前記フレームの別々の前記空間サブバンド間についてのグローバルモーションに関係させて前記基準フレームをIおよび/またはPおよびBフレームとして符号化するための手段をさらに含む請求の範囲に58に記載

のシステム。

6.0. 前記動き検出手段は、連続したフレームの空間サブバンドからの累積した動きとこれに対応する直前の基準フレームの空間サブバンドとが所定の T_0 しきい値を越える時点を検出するための 0 型画面変化検出器手段をさらに含み、そして前記指定手段が前記連続フレームの直前のフレームを P_1 フレームに指定することにより応答する請求の範囲 5.8 に記載のシステム。

6.1. 前記動き検出手段は、2 つの連続するフレームの対応する空間サブバンドの間のグローバルモーションが実質的な画面乃至ピクチャの変化を表わす所定の T_1 しきい値を越える時点を検出するための 1 型画面変化検出器手段をさらに含み、これにより前記指定手段は、前記 2 つの連続フレームの第 1 に発生するフレームを P_2 フレームとして、また前記 2 つの連続フレームの他方乃至第 2 に発生するフレームを I_2 フレームとして指定することにより応答する請求の範囲 5.8 に記載のシステム。

6.2. 前記動き検出手段は、2 つの連続するフレームの対応する空間サブバンドの間のグローバルモーションが実質的な画面またはピクチャ変化を表わす所定の T_1 しきい値を越える時点を検出するための 1 型画面変化検出器手段をさらに含み、これにより前記指定手段は、前記 2 つの連続フレームの第 1 に発生するフレームを P_2 フレームとして、また前記 2 つの連続フレームの他方乃至第 2 に発生するフレームを I_2 フレームとして指定することにより応答する請求の範囲 6.0 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

時間適応型動き補間を用いる画像データの圧縮方法ならびにその装置

技術分野

本発明は、一般にデジタルデータの圧縮技術に関し、さらに特定すれば、選択的に拡張データ圧縮を提供する方法でビデオデータの連続フレームの符号化技術に関する。

背景技術

高速デジタル装置と大容量高速メモリが利用可能となることにより、連続フレームまたはフレーム群の間の変化を表わす符号化デジタル信号だけを送信することによって、ビデオ伝送のための任意の帯域幅をいつそう効率的に使用する、と言う古くからのアイデアを具現化することが可能になった。高压縮を実現するには、冗長性の減少だけではなく、不適切性の減少及び人間の視覚的認識特性を活用する大まかな符号化も解決する必要がある。人間の視覚の空間的限界は多くのシステムで広範囲に活用されており、特に離散コサイン変換 (DCT: Discrete Cosine Transform) を用いる適応量子化（例えばDCT量子化マトリクスにおいて）や、その他の技術、例えばサブバンド符号化やマルチ解像度表現においても活用されてきた。

時間データの減少は、ビデオ画像の連続したフレーム間に高い相関が存在する、という認識に基づいている。しかしながら、人間の視覚の時間的特性を画像符号化システムへ応用する点では、例えばフレーム速度を例えば24～60フレーム/秒に決定する、といった最も基本的な方法を除いてほとんど業績が見られなかつた。これは部分的には空間処理より時間処理に高い複雑性が予想されるためであり、またビデオシーケンスの認知画質の標準測定法を定義する上で時間的時点を含めることの困難さによるものもある。

動画エキスパートグループにより1991年11月に公表された規格つまり（ISO-IEC/JTC1/SC2/WG12）と識別されるMPEG規格では、複数の生画像データフレームのシーケンスを複数の連続したグループ、即ち

GOP（グループオブピクチャ）にそれぞれ分割し、そして符号化したGOPに

は独立フレーム I、予測フレーム P、双方向予測フレーム B を含む構成とされており、GOP は例えば次のように構成される。

I, B, B, P, B, B.

第1のPフレームは直前のIフレームに由来し、残りのPフレームは直前の先行するPフレームに由来する。IおよびPフレームは基準フレームである。各Bフレームは、そのどちらかの側で最も近くにある基準フレームに由来するので、直接関係するPフレームはその前のBフレームを派生させる前に派生させる必要がある。

各GOPの初めにある高品位の独立フレームIは、フレーム差分符号化を用いて積算エラーを回避するために必要とされる。量子化の目的は、フレーム間の変化を表わすために用いるビット数を制御することである。複数のフレーム同士で対応する部分は、基準フレーム内のブロックが、この基準フレームから派生するフレーム内のどこに配置されることになるかを表わす動きベクトルによって伝達される。フレーム間の差分は一般的に動きによって起こり、そしてPフレーム-Bフレーム間よりもPフレームどうしの方がより多くの動きが起こり得るので、Pフレームのどちらかの側でPフレームからBフレームを派生させるよりもPフレームからPフレームを派生させる方がより多くのビットを必要とする。

典型的なMPEGシステムでは、多数のビットを使用する基準フレームについて3フレームのスペーシングが充分に動きを伝達するために必要とされる。しかし、動きが少ないかまたは動きがない場合には、これらのフレームを表わすために用いられるビット数は余分なものとなる。

発明の要約

本発明の1つの目的は、ビデオ圧縮のための方法ならびに装置の改良を提供することである。

本発明の他の目的は、現在のビデオ符号化規格と互換性のあるビデオ圧縮用の動き補償補間符号化のための方法ならびに装置の改良を提供することである。

本発明の1つの実施形態において、時間的セグメンテーションは、ビデオ圧縮のための動き補間構造に動的に対応するように用いられる。入力ビデオ信号の時

間的変化は、基準フレーム間の間隔を調節するために用いられる。動的なグループオブピクチャ (G O P) 構造のためのビットレート制御は、人間の視覚における時間的マスキングに基づいて行われる。好適実施形態において、基準フレーム間のスペーシングは、異なる時間的間隔についての異なる測定値に基づいており、それは時間適応型動き補間 (T A M I) のためのアルゴリズムを使用してなされる。本発明によるこれらの実施形態と他の実施形態は、以下のパラグラフで詳細に要約する。

従来のM P E GシステムのようにG O P内で基準フレームを固定的に配置するのに代えて、本発明においては、基準フレームの位置及び使用ビット数は、フレーム間でのグローバルモーションの量に依存している。本発明で用いるこのグローバルモーションというのは、全体としてのフレーム間の動きと定義する。そしてこの動きは、多数の周知の方法、例えばヒストグラム差、差分のヒストグラム、ブロックヒストグラムの差、ブロック変動差、および動き補償エラーなどで測定できる。

以下の説明において、M P E GのI、P、Bフレームに対応するフレームはI 1、P 1、B 1フレームと標記する。

あるフレームとI 1即ち第1のフレームとの間のグローバルモーションが経験的に決定した値 T_0 を越えるようなフレームがG O Pに含まれていない場合には、残りのフレームは全てB型であり、そしてこれら残りのフレームはこのG O PのI 1フレームと次のG O PのI 1フレームとから派生する。したがって、本発明のこの実施形態では、P 1型のフレームは使用されず、多くのビットを節約できることになる。

あるフレームとそのフレームの前にある基準フレームとの間のグローバルモーションが T_0 を越える場合、当該基準フレームは、本明細書においてP 1フレームとする。つまりP 1フレームは、動きを充分に伝達するのに必要な場合に使用される。

隣接するフレーム間のグローバルモーションも測定する。これが経験的に決定した値 T_1 を越える場合は、急激な画面変化がフレーム間に発生したことを示している。この場合、本発明の実施形態において、隣接するフレームのうち後のフ

レームはI 2フレームとし、これはI 1フレームより少ないビット数で独立して処理され、そしてI 2フレームの直前のフレームはP 2フレームとし、これはP 1フレームより少ないビット数を有する。P 2フレームの相対的な荒さは肉眼的に観察されないが、これは後方マスキングとして公知の現象によるものである。またI 2フレームの相対的な荒さも肉眼的に観察されないが、これは前方マスキングとして公知の現象によるものである。

従来のM P E Gシステムならびに本発明のシステムの両方において、基準フレームを処理したあとでこれらの間のBまたはB 1フレームを処理する必要があることは明らかである。

前述した演算方法ではグローバルモーションで必要とされるビットだけを使用しており、時間適応型動き補間 (T A M I) と略称される。

例えばデジタルテレビで使用される送信チャンネルで本システムを使用する場合、ビットレートは、処理済みビットをバッファに読み込み、バッファ内の任意のビット数を維持するように量子化回路で使用されるレベル数を制御することによって制御することができる。2つ又はそれ以上の連続フレームがT₀を越えるグローバルモーションを有しており、これら連続フレームの直前のフレームが高解像度のP 1フレームとして指定される場合には、ビットレートを制御すれば求められるより少ないビット数で第2のP 1フレームを処理することが可能になる。このような場合、本発明の別の実施形態においては、第1のP 1フレームだけを処理し、そしてこの第1のP 1フレームと次の基準フレームとの間のフレームは、P 1フレームとして分類されるような場合であっても、B 1フレームとして処理される。

量子化回路を制御して固定ビットレートを越えないようにする別 の方法は、指定したフレームの処理に公称ビット数を使用するような場合であれば、G O Pで要求される総ビット数を探し、また固定ビットレートを越えるビットレートが要求されるような場合であれば、公称ビット数を必要に応じて比例的に引き下げる ことである。そのため、もし非常に多くのP 1フレームが存在するような場合、本発明の別の実施形態においては、これら複数のP 1フレームを全て処理する際に少ないビット数を使用することができるよう量子化レベルを減少させる。

本発明の符号化システムを、例えば非同期転送モード（A T M）や広帯域統合サービスデジタル回路網（I S D N）といった概念で使用する分配システムに結合した場合、別の実施形態において可変ビットレート符号化（V B R）をT A M Iと組み合せて使用すると、このようなチャンネルの非常に広い有効帯域幅のためにV B R-T A M Iシステムを形成できる。このシステムは、P 1フレームの個数が制限されないと言う点だけでT A M Iと異なっている。

固定ビットレートT A M I（F B R-T A M I）では、全てのブロック動き補償符号化システムと同様に、例えばT₀を越えるグローバルモーションが見られないようなときに基準フレームが離れすぎてしまい、動きのあるエッジで認識的に不快な符号化エラーを発生させてしまう傾向がある。

さらに、F B R-T A M I又はV B R-T A M Iで最も長い符号化遅延は、G O Pの時間長に等しく、15フレームからなるG O Pの場合では1/2秒となり、長すぎることがある。

上述の問題を和らげるためには、本発明のさらに別の実施形態において、N個のP 1基準フレームをデフォルトとしてあえてG O Pに挿入する。つまりグローバルモーションが関係して必要とされているのではないフレームを、G O P構造に挿入する。これによってG O PをN+1のセグメントに分割し、これを順次処理して、基準フレーム間の時間を減少させ、さらに良好な動きの表現を提供すると同時に、処理時間を減少することができる。Nを増大させるにつれて符号化遅延は減少するが、ビットレートの節約度の減少はそれほどでない。

11からのグローバルモーションがT₀を越えないためにP 1フレームとして指定されるフレームがG O P内に存在しない場合、P 1フレームをB 1フレームに置き換えることで| P 1 | + | B 1 |の剩余ビットをB型フレームの処理に利用できるようになる（絶対値標記を用いるのはフレームに割り当てたビット数を示すためである）。本発明のこの実施形態では、剩余ビットのあるB型フレームをB 2フレームと称する。| B 1 |と| B 2 |の間の関連性は次の方程式で与えられる：

$$| B 2 | = | B 1 | + \frac{| P 1 | - | B 1 |}{M - N - 1}$$

ここでMはGOPの大きさ、Nは挿入したP1フレームの個数である。

GOPのフレームをP1およびB1またはB2フレームと指定したあと、本発明のいずれかのシステムまたは実施形態において、B1またはB2フレームの補間に必要な計算は通常の動き補償エンコーダで実現できるが、テレスコピック動きベクトル検索(telescopic motion vector searching)及び差分ビットレート制御システムで使用するエンコーダを使用するのが好ましい。

本発明の好適実施形態において、P1フレームは先行の基準フレームに対する T_0 を越える動きを有するフレームに配置するのではなく、フレーム間の動きの量ができるだけ同じになるように配置する。各フレームの動きの差が生成され、そして前述のようにI2及びP2フレームをフレーム間の動きが T_1 を越える場合の画面変化で指定される。使用すべきP1フレームの数Nを仮定し、これらといずれかの側の基準フレームとの間の時間的間隔についてn個の位置の全ての組み合せで計算を行なって、これらの測定値全部の平均に最も近い位置を選択する。本発明のこの実施形態はOSA、つまり最適スペーシングアルゴリズム(optimal spacing algorithm)と称する。

本発明の別の実施形態では、Pフレームの最も有利な個数Nを各GOPにおけるフレーム指定から動的に決定する。

また、本発明の別の実施形態では、TAMIをサブバンドビデオ符号化に応用する。高精度の動きベクトル情報が本発明の各種実施形態に関連したアルゴリズムを実施する上で必要とされないことに鑑み、両方の空間方向に画素サンプリングを用いることで計算回数を減少することができ、より一層の計算回数の減少を図りたい場合には、前方テレスコピック検索ではなく後方テレスコピック検索を用いるようにすればよい。

図面の簡単な説明

本発明の各種実施形態は図面を参照して説明し、図面において実質的に同じ要素は同じ参考番号で識別される。図面において、

図1は、ブロックの法則の元で人間の肉眼による光の認識を表わす等価強度パルスを示す。

図2Aは、人間の肉眼の時間的周波数応答の1次ローパスフィルタモデルの周波数応答関数のプロットである。

図2Bは、典型的な時間変調伝達関数のコントラスト感受性対時間周波数を示す曲線である。

図3は、本発明の1つの実施形態でグループオブピクチャ(GOP)の時間適応型動き補間(TAM1)を提供するビデオ符号器のブロック図である。

図4は、本発明の1つの実施形態で図3のビデオ符号器に関連したTAM1プログラミングまたはアルゴリズムのフローチャートである。

図5は、P1フレーム個数が制限されていない場合に0～P処理を比較するための信号対雑音比(S/N比)対フレーム番号と、本発明の1実施形態でP1フレーム個数が制限されている場合に得られた信号対雑音比とのプロット又は曲線を示す。

図6は、本発明の1つの実施形態で使用する連続フレーム間の動き予測のテレスコピック検索を示す。

図7Aから図7Dは、それぞれN=0、1、2、3として、本発明の実施形態で使用するN個のP1フレームでのグループオブピクチャ構造(GOP)のデフォルトを示す。

図8Aは、本発明の1つの実施形態における1型または0型の画面変化を有する1-P方式でのGOP構造を示す。

図8Bは、1型の画面変化だけで0型画面変化が検出されない1-P方式でのGOP構造を示す。

図9は、本発明の別の実施形態の可変ビットレートTAM1符号器を示す。

図10は、図9の可変ビットレートTAM1符号器に関連した可変ビットレートTAM1アルゴリズムのフローチャートである。

図11は、本発明の別の実施形態における最適スペーシングアルゴリズムを提供するためのフローチャートである。

図12は、1型の画面変化が見られる場合に図11の2-P最適スペーシングアルゴリズムを用いるGOP構造を示す。

図13は、本発明の各種実施形態の最適スペーシングアルゴリズムで使用する

後方テレスコピック検索を示す。

図14 (a) から図14 (e) は、平均ビットレート 736.5 Kbit/s (テニス) の場合で、ほとんど動きがない画像での信号対雑音比を、従来の固定4-P方式、0-P方式、1-P方式、2-P方式、3-P方式とそれぞれ比較するため示す。

図15 (a) から図15 (e) は、図14 (a) から図14 (e) のそれぞれの S/N 比曲線に関連して、平均ビットレート 736.5 Kbit/s (テニス) での対応するフレーム当たりのビットレートを示す。

図16 (a) から図16 (e) は、それぞれ本発明の実施形態による4-P方式、0-P方式、1-P方式、2-P方式、3-P方式について、平均ビットレート 736.5 Kbit/s (テニス) を有する画面変化での GOP の連続する複数フレームから取り出した S/N 比曲線である。

図17 (a) から図17 (e) は、平均ビットレート 736.5 Kbit/s (テニス) の場合に、それぞれ図17 (a) から図17 (e) に対応した急激な画面変化のある時間的高動領域でのビットレート対連続フレームの数の曲線を示す。

図18 (a) から図18 (e) は、ビットレート 300 Kbit/s (テニス) の時に従来の固定4-P方式と本発明の実施形態での0-P方式、1-P方式、2-P方式、3-P方式それぞれで、わずかな動きの画像の S/N 比曲線対連続フレーム数を示す。

図19 (a) から図19 (e) は、それぞれ図18 (a) から図18 (e) に対応するビットレート対連続フレーム数を示す。

図20は、従来の固定4-Pと本発明の0-P方式、1-P方式、2-P方式、3-P方式の実施形態で、平均ビットレート 736.5 Kbit/s のわずかな動きを有する画像で異なる補間方式の性能を示す表である。

図21は、平均ビットレート 736.5 Kbit/s で画面変化を含む画像の異なる補間方式の性能を示すための表である。

図22は、平均ビットレート 300 Kbit/s でわずかな動きを含む画像の異なる補間方式の性能を示すための表である。

図23 (a) は、それが同じ平均ビットレート663Kbit/秒の本発明のFBR-TAMIとVBR-TAMIの性能を比較するためのS/N比曲線である。

図23 (b) は、それと同じ平均ビットレート663Kbit/秒のFBR-TAMIとVBR-TAMIの性能を比較するためのS/N比曲線である。

図24 (a) から図24 (e) は、それDOD、HOD、BH、BV、MCE測定法を用いてフレーム番号120から180での第1フレームと現在フレームの間の間隔を示す。

図25 (a) から図25 (e) は、それDOD、HOD、BH、BV、MCE測定法を用いた本発明の最適スペーシングアルゴリズム(OSA)のS/N比曲線を示す。

図26は、5種類の別の間隔測定法と3種類の別のフレーム数範囲でB2フレームのない本発明のOSA実施形態を用いたS/N比の結果とビットレートの結果を作表するための表を示す。

図27は、5種類の別の間隔測定法と3種類の別のフレーム数範囲でB2フレームのない本発明のOSA実施形態を用いたS/N比とビットレート結果を作表するための表を示す。

図28 (a) から図28 (e) は、それDOD、HOD、BH、BV、MCE測定法を用いB2フレームのない適応型最適スペーシングアルゴリズム(OSA)の本発明の実施形態の使用によるフレーム番号90から150とS/N比との曲線である。

図29 (a) から (c) は、本発明のTAMIとOSAを比較するための合成曲線を示す。

図30は、 τ に設定した0型しきい値を用いた時間セグメントに対する1つのフレームと他のフレームの間隔を示す。

図31は、BSE-TAMI (2進検索等間隔TAMI) と呼ばれる本発明の他の実施形態によるアルゴリズムを示す。

図32は、本発明におけるTAMIとOSAの両方に関連するフローチャートを示す。

図33は、図32のフローチャートで一般に要求される画面変化検出ステップに関連のあるステップのフローチャートを示す。

図34は、図32のフローチャートの画面検出ステップに関連してN-P-T AMIと呼ばれる本発明の他の実施形態による画面変化検出方法のフローチャートである。

図35は、図32、図36A、図36Bのフローチャートに図示した1つまたはそれ以上の一般化した符号化ステップに関連する符号化ステップを詳細に説明したフローチャートである。

図36Aと図36Bは、それぞれ本発明の別の実施形態において図32のフローチャートの「MAIN」ステップに関連する処理ステップの一部を示す。

図37は、図36AのフローチャートのMEP(ステップ268)の詳細を示すフローチャートである。

図38は、図36AのフローチャートのMEI(ステップ276)を示すフローチャートである。

図39は、本発明の各種実施形態を実現するためのハードウェア構成を示す概略ブロック図である。

図40は、図39に一般化して示した画面変化検出器310の一部を示す概略ブロック図である。

図41は、図40の概略図に一般化して示した距離計算ユニット338の概略ブロック図である。

図42は、図40に一般化して示した1型画面変化検出器340の概略ブロック図である。

図43は、図40に一般化して示した0型画面変化検出器342を示す概略ブロック図である。

図44は、図40に一般化して示したGOP構造生成ユニット344の概略ブロック図である。

図45は、図40に一般化して示した画面検出器制御装置モジュール346の概略ブロック図である。

図46は、図39に一般化して示した動き補償モジュール318の概略ブロック

ク図である。

図47は、図46に図示した動き補償モジュール318のスイッチ制御ブロック又はモジュールの真理値表を示す。

図48は、図46に図示した動き補償モジュール318の動き予測モジュールの概略ブロック図である。

図49は、図48の概略図に図示したテレスコピック動き予測制御装置424の概略ブロック図である。

図50は、図39に図示したハードウェアシステムのビットレート制御モジュール326についての概略ブロック図と表444を示す。

図51は、本発明のBS-E-TAMIによる図39の符号器に関連する画面変化検出器310の構成を示す概略ブロック図である。

図52は、図51の画面変化検出器310に付属する2進検索ユニット450の概略ブロック図である。

図53は、本発明の他の実施形態によるTAMIを含む一般化したサブバンドビデオ符号器460の概略ブロック図である。

図54は、図53の符号器460に関連した多解像度動き予測法を示す概略説明図である。

図55は、差分パルス符号変調方式(DPCM)で左から水平方向の予測、第1の桁から垂直方向の予測を利用するブロック走査モードを示す。

図56は、図53のサブバンド符号化システムに関連するブロック走査水平走査モードを示す。

図57は、図53のサブバンド符号化システムに関連する垂直ブロック走査モードを示す。

図58は、本発明の各種実施形態の間の性能比較の表である。

図59は、本発明のサブバンドビデオ符号化の実施形態によるシステムに関する詳細な説明を提供するための図53を追加説明するための概略ブロック図である。

図60は、図59のサブバンドビデオ符号化システムのサブバンド分析モジュール4164の概略ブロック図である。

本発明による好適実施例の詳細な説明

本発明の符号化方式の1つの実施形態で活用している認識要因の1つは時間マスキングで、これは低レベル認知における時間加重に密接に関連するが、これとは異なる。時間的マスキングの画像符号化における活用についてはほとんど従来の業績が見られない。

時間加重はブロッホの法則として1世紀以上前から知られている。ブロッホの法則では、約100ms（ミリ秒）の臨界時間、即ち持続時間（T）以下のとき、人間の肉眼による輝度認識は、持続時間（T）と輝度（I）の積が一定に保たれる限り一定であるとしている。すなわち、

$$I \times T = K \quad (1)$$

これは一種の時間加重（積分）が人間の視覚系に発生することを表わしている。図1は時間加重効果を示したもので、輝度認識はパルス1、2、3の合計面積にだけ依存し、個別のパルスの持続時間や輝度の強さとは無関係である。時間加重が神経現象であり光受容器（photoreceptor）レベルでは発生しないことが分っているが、これが神経節細胞レベルで、側膝状体核（lateral geniculatenucleus; LGN）で、又は皮質で発生しているのかどうかはまだ分っていない。持続臨界時間は、黒い配景に対して光の点を見た場合（暗視野条件）に約100msである。自然な視覚条件（明視野条件）では臨界持続時間はもっと短く、約20ms程度である。画像内容の認識を伴うに関する作業として、例えば試験画像内の物体の方向をいうことができる等で、臨界持続時間は、数百ms程度まで長くなることがある。この時間加重が作用するため、人間の視覚は時間解像度が制限され、臨界持続時間は一般に20から100ms以下にはならない。これが映画やテレビのフレーム速度の選択に影響を与えた主な心理的物理的要因である。

本発明は、視覚の時間的マスキングの態様に関する。簡単なローパスフィルタモデルを用いることでこの現象は特徴付けられる。人間の時間的処理を渋れの多い積分器、すなわち1次ローパスフィルタとしてモデル化すれば充分である。

ラプラス変換として表現される時間的伝達関数は、次のようにモデル化することができる。

$$H(S) = \frac{1}{1 + ST} \quad (2)$$

ここで T は復元時間 (臨界持続時間) で、約 100 から 200 ミリ秒である。

フーリエ変換の項で表現される周波数応答は次式で与えられる：

$$|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{(1 + \omega^2 T^2)}} \quad (3)$$

この応答は大まかに時間的変調伝達関数 (MTF) を反映しており、見えるか見えないかのサイン波変調振幅の逆数として定義される。これは刺激の時間周波数に対する肉眼の感度応答関数である。図 2 A は渋れの多い積分器モデルの周波数応答曲線 27 を示し、図 2 B はそれぞれ空間周波数 0.5 サイクル/秒と 1.6 サイクル/秒を有する曲線 31、33 で典型的な時間的 MTF の周波数応答曲線を示す。

時間的マスキングは 2 種類あり、前方向と後方向である。到着する刺激が時間に対して前方向で作用して後続の刺激に影響する場合には前方マスキングであり、後に到着した刺激がすでに到着しすぎ去った刺激に影響する場合が後方マスキングである。符号化方式におけるこれらの効果のため、後続のフレームの場合と同様に画面変化の直前のフレームを粗く符号化することができる。この効果は実験で確認されており、オリジナルフレーム群と、粗く符号化した直前フレームを含むフレーム群との間の認識上の品質に少しも差が検出されていない。通常のフレームのビット数を 20% ほど減らしてフレームを符号化した場合であっても、わずかな認識上の差が検出される程度であった。

一般に、これらの前方及び後方マスキング効果は、時間マスキングの基礎となる 2 つの作用により説明することができる。1 つは光によるマスキングで、輝度に急激な変化がある場合に発生する。この効果は網膜上の側方抑圧に起因すると考えられている。もう 1 つは視覚処理雑音によるマスキングで、視覚パターンの

急激な変化があった場合に発生する。これは時間的加算によって空間コントラストが劣化することで説明することができる。画面変化が生じる場合にはこれら 2 種類のマスキング作用の組み合せ効果によって、前方及び後方マスキング効果を

発生する。

時間適応型動き補間 (TAMI) アルゴリズム

固定ビットレート符号化 (FBR-TAMI) :

本発明による新規な動き補間符号化技術は、I (内部フレーム) 、P (予測フレーム) 、B (双方向補間フレーム) を含む幾つかの術語をMPEG標準から採り入れており、現在のビデオ符号化規格に準拠する装置と一般的に互換性を有する。本発明の1つの実施形態では、時間適応型動き補間アルゴリズム (以下ではTAMIアルゴリズムと称する) が開発された。TAMIアルゴリズムの1つの変型例では、固定ビットレート符号化を使用し、後述するFBR-TAMIを提供する。

TAMIアルゴリズムでは、2つの基準フレームの間の間隔は、入力ビデオの時間的変動にしたがって対応させるようとする。また、ビットレート制御は、人間の視覚の時間的マスキングを活用している。この方法の重要な問題点は、グループオブピクチャ (GOP) 構造が動的に変化することによるビットレート制御の問題である。

画面変化が起こったとき、画面変化後の最初のフレームをIフレーム、つまり内部フレームとして符号化するのが望ましいが、現実的ではない。というのは1つのGOP内にこのような多くの画面変化が存在するとすれば、ビットレートは急激に増加することになってしまうからである。

この問題は、新規のIフレーム、即ち内部フレームを通常のBフレームで使用するビット数と同じビット数で粗く量子化することで解決できる。これによるピクチャ品質の劣化は、前方時間マスキング効果のためシーケンスが連続表示されるとときには起こらない。画面変化に続くフレームのビットレート (帯域幅) が最大ビットレート (帯域幅) まで徐々に増加して戻るならば、画面変化後のフレームの劣化は知覚できないことが知られている。

低品質の内部フレームを画面変化後に使用すると、新しい内部フレームが使用

されるまで後続フレームのピクチャ品質に直接影響が及び、後続フレームの品質は相次ぐフレームを経るにしたがって高くなる。このステップ的なフレーム品質

の改善は、フレームごとを基礎とする明示的なビット割り当て制御を行う複雑な方法を用いなくても実現される。

入力ビデオの有意な時間的変動を検出するために、本発明を開発するに当たって、様々な時間的間隔の測定を考慮した。これらの様々な時間的間隔は、実際にはフレーム間のグローバルモーションの測定量である。これらの動きの測定は、ヒストグラムの差 (D O H) 、差分のヒストグラム (H O D) 、ブロックヒストグラム (B H) 、ブロック変動 (B V) 或いは動き補償エラー (M C E) のそれぞれによって決定することができる。これらについては詳細に後述する。本発明のT A M Iアルゴリズムでは、6種類の異なるフレーム形式、I 1、I 2、P 1、P 2、B 1及びB 2を使用する。フレーム形式I 1、P 1及びB 1は、M P E G標準で定義されているのと同じ通常フレーム形式である。フレーム形式I 2とP 2は、B 1フレームと同じビット割り当てを有する。すなわち、I 2とP 2とはそれぞれ非常に粗く量子化した内部フレームと予測フレームである。一方B 2は、通常のB 1フレームよりビット数の多い補間フレームで、一般にP 1フレームよりビット数が少ない。I 1とするフレームは完全なフレームであり、詳細に量子化される。

T A M Iの1つの実施形態において、I 1フレームは、各G O Pで常に第1フレームとなる。直前の基準フレームとG O P内の連続フレームとからの累積した動き又は測定した間隔が0しきい値を越える場合、その連続フレームの直前のフレームは、P 1フレームに指定される。2つの連続したフレーム（直前のフレームと直後のフレーム）間の動き又は測定した間隔が1型しきい値を越える場合には、第1フレーム、即ち直前のフレームがP 2フレームと指定され、第2フレーム、即ち直後のフレームがI 2フレームと指定される。

I 1、I 2、P 1及びP 2フレームは、B 1及びB 2フレームを補間する際に使用される基準フレームである。0型画面変化を発生するG O Pでは、基準フレームの間にB 1フレームが指定される。0型画面変化を発生しないG O Pでは、基準フレーム間でB 2フレームが、詳細に後述するように指定される。換言すれば、G O P内で0型画面変化が検出されない場合にはB 2フレームが使用され、

可能なデフォルト P 1 フレーム以外の P 1 フレームは発生しない。したがって、追加の P 1 フレームを必要としないことで節約されるビットが B 1 フレーム間に分配されて、これらが大きい解像度の B 2 となることになる。したがって B 2 フレームは基本的には B 1 フレームと同じであるが、割り当てられるビット数がわずかに大きいものである。

本発明の他の実施形態では、1つの G O P において第 1 に発生する P フレームは、直前の I フレームから予測される。続けて発生する P フレームは、直前の P フレーム又は I 2 フレームどちらか近い方から予測される。

図 3 は T A M I アルゴリズムのブロックダイアグラム 1 0 を示す。T A M I アルゴリズムは、まず第 1 に現在の G O P 内の全てのフレームを検索して I 型画面変化を検出し (I 型画面変化検出器 (S C D 1 2) を使用する) 、そして O 型画面変化を検出する (O 型画面変化検出器 (S C D 1 4) を使用する)。次のステップで G O P (グループオブピクチャ) 構造内の P フレームと B フレームの位置を決定する (G S 出力検出器 1 6 を使用する)。そして P フレームと B フレームの位置を利用して、動き補償補間符号器 1 8 によりフレームを処理する。この動き補償補間符号器 1 8 は、典型的な動き補償符号器と類似のものだが、この例ではテレスコピック動きベクトル検索及び異なるビットレート制御機構とを使用する点で異なる。動き補償補間符号器 1 8 は、離散コサイン変換 (D C T) モジュール 4、量子化回路 (Q) 5、可変長符号生成器 6、バッファ 7、逆量子化回路 (Q^{-1}) 8、逆離散コサイン変換モジュール (ID C T) 9、動き予測回路 (ME) 1 5、第 1 と第 2 の加算結合 1 7、1 9 を含む。D C T 4 は従来技術で公知のように、時間ドメインからのデータを周波数ドメインに変換する。

T A M I アルゴリズムのフローチャート 1 0 が図 4 に図示してあり、これには画面変化検出器 1 2、1 4 で実行するプログラミングの詳細が含まれる。アルゴリズム 1 0 はマイクロプロセッサをプログラミングして、例えば 1 つの G O P を処理ユニットとして使用して、以下のように一般化されるステップを実行するためのステップ 1 0 0 ~ 1 1 0 及び 1 6 を含む：

A : 1 つの G O P からマイクロプロセッサ内に含まれる関連フレームメモ

リヘフレームを読み込む（ステップ101、102）。

B : 1型画面変化の位置を1型SCD12で検出する（ステップ103、106、107）。

C : 0型画面変化の位置を0型SCD14で検出する（ステップ104、108、109）。

D : GOP構造を決定する、すなわちI、P、Bフレーム全部の位置をGSI6で決定する（ステップ105、16）。

E : 動き補償符号器18へステップDで生成した情報を出力する。

図示したアルゴリズムを処理するためには、2種類の画面変化検出器12、14が必要である。図4では、第1の画面変化検出器12は、現在のフレーム f_c とその直前のフレーム f_{c-1} の間の間隔又は相対的な動きの大きさがしきい値 T_1 より大きい場合に、現在フレームに1型画面変化があることを宣言する（ステップ103）。この形式の画面変化は実際の画面内容の変化に対応し、I2フレームとして符号化され（非常に粗く量子化される内部フレーム）、そして直前のフレーム f_{c-1} はステップ106でP2フレームとして符号化される（非常に粗く量子化された予測フレーム）。I2フレームの符号化は、前方時間マスキング効果を活用しており、P2フレーム符号化では後方時間マスキング効果を利用していいる。

第2の画面変化検出器14は、0型画面変化を検出する。ここでは、処理のために時間的セグメンテーションアルゴリズムを実施する。図4に示すように、このアルゴリズムは、現在フレーム f_c と最後の基準フレーム f_{ref} の間で測定した間隔又は相対的な動きがしきい値 T_0 より大きい場合に、現在フレーム f_c に0型画面変化があることを宣言する。（ステップ104参照）。この場合には直前のフレーム f_{c-1} が通常の予測フレームであるP1フレームになる。時間的セグメンテーションのビット割り当て方法では、各時間的セグメントの終了フレームがP1フレームになり、そしてその間のフレームは、余分なP1フレームが使用されるか否かによってB1又はB2フレームとなるようとする。

実験の結果、1つの変更を行なった。2つ以上の余分なP1フレームが画質劣化を招くことが分ったため、余分なP1フレームの個数を1に設定した。ただし

分なP1フレーム0個は適応性なしを表わす。多数のP1フレームを使用した場合の劣化の理由については以下に説明する。バッファ7と量子化回路(Q)5間のフィードバックループ21を用いた固定ビットレート符号化を使用している(図3参照)、連続するP1フレームでのビットレートは、フィードバックループ21によりステップ的に減少する(すなわち粗く量子化される)。ところが、粗いP1フレームを使用すると、P1フレームの画質を劣化させるばかりP1フレーム間のBフレームの画質をも劣化させる、という副作用を生じる動きの多い部分では粗く量子化したP1フレームの個数を制限し、除外される1フレームをB1フレームに置き換えるのが望ましい。P1フレームの個数を最しない場合における、P1フレームによる画質劣化の影響は、P1フレーム個数を制限する方式と比較して、それぞれ曲線23、25に関連しており、図で容易に見ることができる。

2種類の異なるビット割り当て方式を使用することができる。第1の方式は一ビット割り当て方式で、B型を除く各ピクチャ形式に応じたビット割り当ては検出されたSSP(画面セグメンテーションポイント、すなわち0型の画面変の個数とは無関係であり、GOP間で常に一定している。一定ビット割り当方式は、2つの理由からある種の用途でより好適である。第1に、IフレームよりPフレームのピクチャ画質の変動は、可変ビット割り当て方式を使用したよりBフレームの画質の変動よりも大きい。第2に、Iフレームは15フレームヒ(1/2秒ごと)に反復するので、もしIフレームのビット割り当てが可変されると、2ヘルツのブリンクの問題がでてくることがある。

第2の方式は可変ビット割り当て方式で、各ピクチャ形式に対応するビット割り当ては、検出したSSPの個数にしたがってGOP間で変化できるようにしてるが、異なるピクチャ形式間でのビット比は常に一定である。一定ビット割り当方式を使用した場合、ビット資源の制約のため(固定ビットレート符号化又一定ビットレート符号化のため)、Pフレーム個数を大幅に変化させることができない。それ故、ある程度の適応性を持たせるため、1つの実施形態で、Pフレーム個数の変化は1に制限されるが、これはBフレーム(B1, B2)に2種類異なるビット割り当てを行なうことで容易に実現することができる。つまり

余分なPフレームが使用される場合にはB1フレームを使用し、そうでない場合にはB2フレームを使用するようにすればよい。可変ビット割り当て方式は、後述のように、GOP内でPフレーム個数に可変をもたせるために、Pフレームの個数を適合させるのに用いられる。以下の節では一定ビットレート割り当てを詳細に説明する。

固定ビットレート符号化 (FBR-TAMI) :

本発明のTAMIアルゴリズムは、簡単なレート制御方法を使用しており、これはバッファ7に入力されたビット数(図3参照)を調整することに基づくもので、1つのフレームの符号化の最中にバッファ7が一杯になり始めた場合、次のフレームの符号化で生成されるビット数を自動的に減少するようにシステムがプログラムしてある。異なるピクチャ形式(I1、I2、P1、P2、B1、B2)のためにビットをGS出力16を介して割り当てたあと、1つのスライスを設定するための目標ビットが動き補償補間符号器18を介して計算される。スライスはMPEG標準で一連のマクロブロックとして定義されている(符号化シンタックスの層の1つ)ことに注意する。またマクロブロックも同様にMPEGにおいて「ピクチャの16×16区画の輝度成分からそれぞれ由来する8×8の4個の輝度データブロックと、8×8の2つの色差データブロック」と定義されている。各スライスの終端で、バッファ7の内容をモニタする。目標バッファ内容以上または以下の場合には、QP(量子化パラメータ)はそれぞれ減少または増加される(スライスレベルのビットレート制御)。入力ビデオシーケンスの変化する符号化の問題に適応させるため、現在のピクチャで作成されるビットは、同じピクチャ形式のフレームが次に発生する際の目標ビットとして用いる。直前のフレームで作成したビットが目標ビットより多いか又は少ない場合には、次のピクチャへのビット割り当てを所定の方程式により調節して毎秒ビットレートの受け入れ可能な範囲を維持する(フレームレベルのレイト制御) :

$$TB = XTB \left[\frac{TB R_{GOP}}{\Delta BR_{GOP}} \right] \quad (4)$$

ここで T_B は目標ビット割り当て、 $A_B R_{GOP}$ は実際の GOP ビットレート、

$T_B R_{GOP}$ は目標 GOP ビットレート、 $X T_B$ は直前フレームの目標ビット割り当てである。

現在のフレームと基準フレームの間のフレーム間隔は最大 15 までになる (GOP のサイズ 15 のとき) ため、動き予測に困難が生じる。これは、隣接フレーム間での検索領域が 7 だと仮定すると、動きベクトルの検索領域が最大 105 になり得ることを意味する。全検索に対応する一致基準として平均絶対差 (MAD) を用いると、 CIF フォーマット (352×240 画素、毎秒 30 フレーム) のシーケンスで毎秒約 2.5×10^{11} 回の演算を必要とする。こうした繁雑な計算を減少するには、 MPEG 標準に記載されているようなテレスコピック検索を使用する。というのは、テレスコピック検索は基準フレーム間の長い間隔を検索するのに最も好適であると思われるためと、コンピュータシミュレーションで非常に良好な動き補償性能を提供するためである。4 つのフレーム間の動きベクトルを検索する一例を図 6 に図示してある。テレスコピック検索の基本的アイデアは、現在フレームのブロックで検索ウィンドウの中心位置を、直前のフレームにおいて対応するマクロブロックで得られた動きベクトルによって移動させ、これを最終フレームに達するまで反復することである。したがって、図示したようにベクトル 22 は、ブロック 20 の中心からブロック 24 の中心へフレーム 1 で検索ウィンドウの中心を移動し、またベクトル 26 はブロック 24 の中心からブロック 28 の中心へとフレーム 2 で検索ウィンドウの中心を移動し、更にベクトル 30 はブロック 28 の中心からブロック 32 の中心へフレーム 3 で検索ウィンドウの中心を移動する。

$N = P$ TAM1 アルゴリズム

TAM1 アルゴリズムには 2 つの問題がある。その 1 つは基準フレーム間に長い間隔を発生しやすい傾向があることである。このことは移動するエッジの周囲に知覚的に好ましくない符号化エラーを惹起するが、これはブロック動き補償符号化に典型的に関連するものとして広く知られている。このエラーは、マクロブロックが 2 つのオブジェクト (通常一方が移動するオブジェクトで他方が配景で

ある) からなり、これらが 2 つの別の方向に移動していることに起因する。各ブロックが単一の動きベクトルで動き補償されるため、高周波 DCT 係数での粗い

量子化のために量子化ステップで失われた主に高周波成分を有する残差を発生させる。このアルゴリズムのもう 1 つの問題は、TAM1 アルゴリズムの実行前に 1 つの GOP 内の全フレームを保存する必要があるため、長い遅延が不可避であることである。この場合最長の符号化遅延は、通常 15 フレームで構成する 1 GOP 分の大きさで、フレーム速度が毎秒 30 フレームである場合には、1/2 秒に相当する。

これらの問題を緩和するため、TAM1 アルゴリズム又はプログラミングステップの一般化が開発された。符号化遅延と基準フレーム間の間隔を減少するために N 個の P1 フレームを GOP 構造内にデフォルトとして挿入する。変更したプログラムは、本明細書において N-P TAM1 プログラミングステップ又はアルゴリズムと称する。「N」は、デフォルト P フレームの個数である。この変更したアルゴリズムは N の値として 0 から 3 までを選択でき、4 種類の異なる方式を発生する。すなわち、0-P 方式 (IBBBBBBBBBBBBBB) 、1-P 方式 (IBBBBBBBBBPBBBBB) 、2-P 方式 (IBBBBPPBBBBPBBBBB) 、3-P 方式 (IBBBPBBBBPBBBBPBBBB) である。偶数の N では、GOP の大きさは、基準フレーム間を等間隔にするため 15 フレームとする。奇数 N では、GOP の大きさは、同じ理由から 16 フレームとしなければならない。図 7 A から図 7 D では、それぞれ N=0 、 1 、 2 、 3 のときのデフォルト GOP 構造が図示してある。N=4 では、MPEG 規格の従来の実施と等しい。図 8 A も、本発明による 1-P TAM1 アルゴリズムで生成した GOP 構造の一例を示しており、1 型画面変化と、そして少なくとも 1 回の 0 型画面変化が存在している。

前述のように、B1 フレームはどのような基準フレームの組合せであっても、該基準フレーム対の間に指定されている、すなわち、この例では I1 、 I2 、 P1 、及び / 又は P2 の間にある。図 8 B に図示したように、0 型画面変化が検出されない場合は、例えば B2 フレームは基準フレーム間に指定されて、図 8 A の

例に対して少なくとも 1つ少ない P1 フレームが指定され、 B フレームに多くのビットを使用できるようになる。 N が増加すると、さらに小さい符号化遅延とさらに小さい基準フレーム間インターバル (s) が得られるが、ビットレートの節約程には分が減少することになる。

ビット割り当て (Kbit/フレーム) が | I1 | = 180.0, | I2 | = 6.75, | P1 | = 100.5, | P2 | = 6.75, | B1 | = 6.75 としたとき、 B2 と B1 の間の関係は次のようになる。

$$| B2 | = | B1 | + \frac{| P1 | - | B1 |}{M - N - 1} \quad (5)$$

ここで N は使用する P1 フレームの個数、 M は GOP の大きさである。

上記 4 方式での毎秒ビットレート BR は、例えば次の計算による割り当てから求められる：

・ I 従来の固定 4-GOP 構造 (I B B P B B P B B P B B P B B) : BR = 1299 Kbit/毎秒

・ II 0-P 方式 :

BR = 736.5 Kbit/毎秒、固定方式の 56.7%

・ III 1-P 方式 :

BR = 878.9 Kbit/毎秒、固定方式の 67.7%

・ IV 2-P 方式 :

BR = 1111.5 Kbit/毎秒、固定方式の 88.5%

・ IV 3-P 方式 :

BR = 1230 Kbit/毎秒、固定方式の 94.7%

可変ビットレート符号化 (VBR-TAM1)

B-ISDN (広帯域チャンネル統合サービスデジタル回線網) 技術の ATM (非同期転送モード) 概念の最近の発展により、可変ビットレート符号化 (パケットビデオ) がネットワーク指向のビデオ伝送で非常に有力な方式になりつつある。この方式は、符号器のビットレート制御の制約を緩和し、一定ビットレートの代わりに一定ピクチャ画質伝送を可能にする。

前述のF B R - T A M I での固定ビットレート符号化の実施形態では、P 1 フレームの個数は、固定出力ビットレートの制限により制限されている。

その結果、出力ビットレートは、大きな動きが見られるインターバル間隔におけるピクチャ画質を犠牲にして維持される。P 1 フレーム個数の制限とビットレートを制御するフィードバックループが除去されると、T A M I アルゴリズムはV B R (Variable Bit Rate: 可変ビットレート) 符号器となり、より多くのP 1 フレームを時間的に集中している領域に挿入することで、一定したピクチャ画質(知覚上のピクチャ画質であって、一定S/N比に関してではない)を発生する。したがってV B R - T A M I 符号器は、F B R - T A M I 符号器のための従来の固定G O P構造符号器より大きなビデオデータ圧縮を可能とする。

図9は、本発明のV B R - T A M I 符号器3 4の1つの実施形態のブロック図を示す。図3のF B R - T A M I 符号器1 8と比較して、V B R - T A M I 符号器3 4はバッファ7、つまり固定ビットレートを維持するための速度制御フィードバック2 1を含まない。その代わり、ネットワーク3 6がバッファとして機能し、ネットワーク予測回路3 5がネットワーク3 6と量子化回路5及び可変長符号器6の間でネットワークフィードバックループ3 7内に含まれている。

V B R - T A M I アルゴリズム3 8のフローチャートが図10に図示してある。図4のF B R - T A M I アルゴリズム1 0のステップ1 0 4における、P 1 フレーム数を制限するためのP 1 フレームの数についてのステートメントは、図10のV B R - T A M I アルゴリズム3 8のステップ1 0 4'には不要である。これがアルゴリズム1 0とアルゴリズム3 8の間の唯一の相違である。B 2 フレームの使用は、V B R - T A M I アルゴリズム3 8においては、P 1 フレームの個数をいくつにしようとも許容されるため、意味がない。

V B R - T A M I アルゴリズム3 8において、1型画面変化がある場合、時間マスキングが画面変化における2つのフレームに対して適用される(すなわち先行フレームがP 2 フレームで、後続フレームがI 2 フレームである)。

以下はV B R - T A M I 符号器3 4の簡単なビットレート性能分析である。単純化するため、P 1 イベント(すなわち0型画面変化の宣言)はベルヌーイのラ

ンダム変数であると仮定する。次にG O P内のP 1フレーム個数が次の方程式に示すように2項分布のあるランダム変数Kであるとする：

$$P [K=k] = P_{M-1}(k) = \left[\frac{M-1}{k} \right] p^k (1-p)^{M-k-1} \quad (6)$$

ここでMはG O Pの大きさ、kはP 1イベント個数、pは1フレームにおいてP 1イベントを有する確率である。分布の確率の平均が $\bar{k} = E [K] = (M-1)$

Pである。 $(M-1)$ は、G O Pの第1フレームが常にI 1フレームでなければならぬので、P 1について考えられる位置の個数である。G O P内の第1フレームの除外のために必ずしも正確ではないが、P 1の到着についての到着間隔分布は次のように幾何学的分布でモデル化することができる。

$$P (T) = P (1-p)^{(T-1)} \quad (7)$$

ここでT=0, 1, 2, ……は、連続するP 1フレームの到着間隔の時間である。

この分布の平均は、2項分布から $E [T] = 1/p$ かつ $p = \bar{k} / (M-1)$ で与えられる。ここから $\bar{k} = (M-1) E [T]$ が得られる。

ここにパラメータとして \bar{k} を有する出力ビットレートの平均と変動は簡単に計

算でき、入力ビデオの動き活動の大まかな測定値が得られる。例えば、1つのG O Pにk個P 1フレームイベントが存在すると仮定する。そして1つのG O Pに1つのI 1フレーム、k個のP 1フレーム、 $(M-1-k)$ 個のB 1フレームが存在すると、ビットレートは次のように計算される：

$$R_{GOP}(k) = R_{I1} + k R_{P1} + (M-1-k) R_{B1} \quad (8)$$

$$R(k) = \frac{30}{M} R_{GOP}(k) \quad (9)$$

ここで $R_{GOP}(k)$ はG O Pビットレート、 R_{I1} 、 R_{P1} 及び R_{B1} はI 1、P 1及びB 1フレームでのビット割り当て、また $R(k)$ は毎秒ビットレートである。ビットレートの平均と変動は次の方程式で与えられる：

$$E[R] = \sum_{k=0}^{M-1} P_{m-1}(k)R(k) = \frac{30}{M} (R_{p1} - R_{b1} \bar{k} + R_0) \quad (10)$$

$$\sigma^2 [R] = \frac{30^2}{M^2} \frac{(R_{p1} - R_{b1})^2}{(M-1)} \bar{k} (M-1-\bar{k}) \quad (11)$$

ここで $R_0 = R_{i1} + (M-1) R_{b1}$ であり、これは P1 フレームが存在しない時のビットレートである。これはつまり、平均ビットレートは予想される到着個数に直線的に比例し、そして変動は、到着が最も不確実な場合に（すなわち $p = 1/2$ ）最大になることを表わしている。

一例として、 $M = 15$ 、 $\bar{k} = 2$ 、 $R_{p1} = 180$ 、 $R_{b1} = 100.5$ 及び $R_0 = 6.75$ のとき、 $E[R] = 924 \text{ Kbit/s}$ 、かつ $\sigma^2 [R] = 245.5 \text{ Kbit/s}$ である。同様に 1-P 方式では、次の方程式が適用され、

$$R_{GOP}(k) = R_{i1} + (k+1) R_{p1} + (M-1-k) R_{b1} \quad (12)$$

$$R(k) = \frac{30}{M} R_{GOP}(k) \quad (13)$$

次のような平均 $E[R]$ と変動 σ^2 についての方程式も適用される。

$$E[R] = \frac{30}{M} [(R_{p1} - R_{b1}) \bar{k} + R_0(1)] \quad (14)$$

$$\sigma^2 [R] = \frac{30^2}{M^2} \frac{(R_{p1} - R_{b1})^2}{(M-1-1)} \bar{k} (M-1-1-\bar{k}) \quad (15)$$

ここで $R_0(1) = R_{i1} + 1 R_{p1} + (M-1-1) R_{b1}$ であり、これは P1 フレームが 1 つのときのビットレートである。

時間的セグメンテーションのための間隔の測定

例として、時間的セグメンテーションのための 5 種類の間隔測定について考察する。第 1 に記号を定義する必要がある。画像の画素数は N_{pix} で標記し、幅 W 、高さ H 、照度レベルの個数 q 、フレーム番号インデックス n 、とする画像シーケンスは次のように定義する：

$$F = \{f_n \mid f_n : L \times L \rightarrow F, n = 0, 1, 2, \dots\} \quad (16)$$

ここで $L_x = \{0, 1, \dots, W-1\}$ 、 $L_y = \{0, 1, \dots, H-1\}$ 、また $F = \{0, 1, \dots, (q-1)\}$ である。対応するヒストグラムのシーケンスは次のように定義する：

$$H = \{h_n : F \rightarrow Z^+, n = 0, 1, 2, \dots, (q-1)\} \quad (17)$$

ここで Z^+ は一組の全て非負の整数である。画像からヒストグラムへのヒストグラム演算子 H は次のように定義する：

$$h_n = H f_n \quad (18)$$

ここで $H : F \rightarrow H$ である。

1) ヒストグラムの差分 (D \ominus H) : f_n と f_m の間の間隔の測定は、次のようにヒストグラム差分の 1 項で定義する：

$$\begin{aligned} D(f_n, f_m) &= ||h_n - h_m|| \\ &= \sum_{i=0}^{q-1} |h_n(i) - h_m(i)| \end{aligned} \quad (19)$$

照度ヒストグラムが画像内容について非常に有効なインデックスであると報告されている。2つのピクチャの間のヒストグラム差分は、これらの間の内容的な

相関を示す良い測定となり得る。D \ominus H 間隔測定を用いる別の重要な利点は、局部的な動き活動に対する非感受性であり、例えばズーム、パン、画面変化といったグローバルモーション活動に対する感受性と比較した場合に、動きの速度とは関係しない（例えば固定した配景に対して移動するオブジェクト）。なぜならば、良好な時間的セグメンテーションが全体的変化を効率的に検出し、そして典型的な動き予測アルゴリズムによって補償され得る局部的な動きに対して感受性が高すぎないことによる。

D \ominus H は、局部的な動きよりもむしろ全体的な変化の検出に良好である。

2) 差分画像のヒストグラム (H \ominus D) : 2つの画像の間の差分のヒストグラムは、次のように標記される：

$$H \ominus D(\cdot) = H(f_n - f_m) \quad (20)$$

ここで $H \ominus D$ は $h \ominus d$ として定義される関数である。即ち、

$$\{-(q-1), -(q-2), \dots, -1, 0, 1, \dots, \dots, q-1\} \rightarrow Z^+$$

これは対角線と平行な線に沿った共発生マトリクスのエントリの合計と基本的に同じ量である。もしHOD原点から遠くに画素が多く存在するような場合には、画像に多くの変化があることを表わす。動きの基準は、非ゼロ位置におけるカウントとHODのカウント総数との比率で大まかに定義できる。したがって間隔の測定は次のように定義される。

$$D(f_n, f_m) = \frac{\sum_{i=-q+1}^{q-1} h_{od}(i)}{\sum_{i=-q+1}^{q-1} h_{od}(i)} \quad (21)$$

ここで α は、ゼロへの位置の近さを決定するためのしきい値である。このHOD測定は、DOHとは幾らか異なる特性を有する。HODはDOHよりも一層、局部的動きに敏感である。

3) ブロックヒストグラム差分 (BH) : HODの問題は、局部的な動きの情報が全体のヒストグラムを計算することで失われてしまうことである。この問題は、各ブロックのヒストグラムを計算し、2フレーム間の各ブロックヒストグラムの差分の絶対値を加算することで減少できる。フレーム当たりのマクロブロック総数を $mbnum$ で表わすこととする。フレーム f_n の任意の b_{th} マクロブロックについて、ブロックヒストグラムは次のように定義される：

$$h_n(b, \cdot) = \sum_{i=0}^{q-1} f_n(i) \quad (22)$$

ここで H_b は b_{th} マクロブロックのヒストグラムジェネレータ、また $b \in [0, 1, \dots, mbnum-1]$ である。間隔の測定は次のように定義される：

$$D(f_n, f_m) = \sum_b \sum_i |h_n(b, i) - h_m(b, i)| \quad (23)$$

ここで $b \in [0, 1, \dots, (mbnum-1)]$ はマクロブロックのインデックス番号であり、また $i \in [0, 1, \dots, (q-1)]$ である。

4) ブロック変動差分 (BV) : この測定を用いるアイデアはブロックヒ

トグラム差分と同じであるが、変動がヒストグラムの代わりに用いられている点で異なる。和を用いる間隔は2つのフレームの間のブロック変動の絶対差の和で定義され、次のように与えられる：

$$D(f_n, f_m) = \sum_b |var_n(b) - var_m(b)| \quad (24)$$

ここで $b \in [0, 1, \dots, (mbnum - 1)]$ である。ブロックヒストグラムの差分と同様に、この方法はブロックごとの差分を計算することで局部的な動き活動に対して敏感になる。

5) 動き補償エラー (MCE) : フレーム f_m が動き予測により f_n から予測されるとする。符号化の困難さは、 f_m と f_n からの予測である f_m との間のエラーによって直接求めることができる。動き補償エラーは、 f_m と f_m の間のエラー画像の符号化を測定する方法を提供することができる。したがってこの動き補償エラーを用いる間隔の測定は、次の方程式で定義される：

$$D(f_n, f_m) = \sum_{(i, j) \in L_x \times L_y} |f_m(i, j) - f_m(i, j)| \quad (25)$$

この測定は予測エラーから直接計算されるので、予測エラーの符号化の困難さについてほとんど理想的な測定である。しかし、最も良い測定はこの画像符号器により生成されるビット数であろうが、これは前処理ステップで符号化の結果を必要とするので、実現不可能である。動き補償エラーを使用するこの方法はほとんど最適だが、欠点はこれの計算が高価なことである。

最適スペーシングアルゴリズム

本発明の別の実施形態において、基本となるTAM+アルゴリズムをO型画面変化の検出用に改良した。固定のGOPの大きさが使用されているので、基本的TAM+アルゴリズムは最も良いと思われるスペーシングを基準フレーム間に作成しないことが分った。以下の説明は好適実施形態において、最適スペーシングアルゴリズムを提供することによって、設けるスペーシングを改善するために開発した変更である。図示したように、最適スペーシングアルゴリズム (OSA) を使用する上で、O型画面変化検出回路は使用されない。つまり1型画面変化だけが検出されることになる。

2-P方式でのOSAアルゴリズム60のフローチャートを図11に図示した。アルゴリズム60は次のステップによる：

1. ステップ61で、GOPフレームがメモリに読み込まれ、GOP内の各フレームの差分測定値がステップ61で生成される。
2. 2つの隣接フレーム間の間隔測定値を用いて、1型画面変化をステップ62で検出する。画面変化直前のフレームはP2フレームとして宣言し、画面変化直後のフレームはI2フレームとして宣言する（すなわち、この方式でも時間的マスキングを使用している）。図4と図10は1型画面変化検出回路によりP2及びI2フレームを決定するためのステップ106

と107を示している。これらのポイントに対応するPフレームは、Pフレームの総数（すなわちP1フレーム）に含まれない。

3. 排他的検索（ステップ63～69）を用いて等間隔でP1フレームの最良の位置を発見する、すなわち0型検出で指定されたであろう候補P1フレームを含む位置とGOP構造が決定される（ステップ70）。1型画面変化のポイントとの間の平均間隔からの偏差を最小にする。

ステップ「3」で平均からの偏差は、次のような標記を用いて定義することができる。それぞれのセグメントが2つの基準フレームからなるセグメントにGOPが分割されているとする。この1番目のセグメントの第1のフレームと最後のフレームの番号を「p_n(i)」と「p_n(i)」とで定義すると、i番目の区間の間隔は次のように表現することができる

$$d_i = D(f_{fpn(i)}, f_{lpn(i)}) \quad (26)$$

ここでDは間隔測定値である。したがって偏差d_{ev}は：

$$dev = \sum_{i=1}^s |d_i - \bar{d}| \quad (27)$$

ここで

$$\bar{d} = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s d_i \quad (28)$$

図12は、1型画面変化が起こった場合に2-P最適スペーシングアルゴリズ

ムを用いるGOP構造の例を示している。

GOPの大きさがMに等しいと仮定し、使用するP1フレームの個数をNとし、1型画面変化の回数をuとし、そして隣接する1型画面変化の対の個数をvとすれば、検索の回数Sは次のようになる：

$$S = \left(\frac{M - 2u + v - 1}{N} \right) \quad (29)$$

これはP1型のフレームN個の全ての組み合せを検索する。検索される位置の個数は $(M - 2u + v - 1)$ である。なぜならば、第1のフレームは常に1フレームとして符号化され、各1型画面変化について2つの隣接フレームが排除されるからである。しかし、画面変化の組がvだけ存在する場合には、共通に隣接するフレームがvだけ存在するので、画面変化による排除の総数は $(2u - v)$ となる。Nは5以下の一定数なので、これは多項倍検索アルゴリズムである。GOPの大きさMは一般に20以下で $(2u - v)$ は常に正なので、このような場合に排他的検索でも計算が高価にならない (Sはおよそ100の桁にある)。幾つかの最適な解答が存在する場合には、基準フレーム間の間隔 (フレーム番号の差) が最も等しく分布するような、即ち間隔の大きさの平均からの偏差が最小となるような解決方法を選択する。

OSA (最適スペーシングアルゴリズム) は、他の実施形態において、1つ余分に予約したP1フレームをTAMIアルゴリズムで使用することにより、さらに適応性を改善させることが可能である。ここでB2フレームは、局部的な動き活動にしたがって使用する。もし基準フレーム間の平均間隔がしきい値以上の場合には、1つ多いP1フレームがデフォルトで割り当てられる (すなわち、B1フレームを使用する $[(N + 1) - P]$ 方式になる)。一方、基準フレーム間の平均間隔がしきい値以下の場合には、B2フレームを使用する (すなわち、B2フレームを使用する $N - P$ 方式になる)。また、更なる改良を得たい場合には、P1フレームの個数を局部動き活動の基準に対応させればよい。

OSAアルゴリズム60の演算は、OSAアルゴリズム60のステップ61～66 (図11) で間隔測定にヒストグラム又は変動方式が用られる場合には、過

刺に高価にならない。すなわちフレーム当たりの演算回数の桁は、 N_{pix} を画素数とすると、 $O(N_{pix}) \approx 10^5$ 程度となり、したがって 352×240 の画像寸法だとOSAアルゴリズムでの演算はおよそ $S \times 10^6 \approx 10^8$ となる。こ

こでSは、式29に与えた検索の回数である。しかし、動き補償エラー方式を用いる場合（式25以下参照）、複雑さは、Sを 10^2 と仮定すればおよそ $S \times 10^{11} \approx 10^{13}$ ほどになる。それ故、OSAアルゴリズムを実用化すべく、高速動きベクトル検索アルゴリズムを用いる必要がある。

セグメンテーションについては高精度の動きベクトル情報を必要としない。そのため、画素サンプリングにより両方向で2の倍数だけ演算回数を減少することができる。すなわち、 $1/4$ ほど演算回数を節約することが実現される。演算回数を更に少なくさせるには、図13に示すように、後方テレスコピック検索を用いるようにすればよい。この後方テレスコピック検索において検索シーケンスは、通常のテレスコピック検索（図6参照）の方向に時間的に対向して後ろ向きに実行する。後ろ向き動きベクトルの精度は、通常の前方テレスコピック検索より良好である。現在の検索の予測として用いる直前の動きベクトルは、前方検索におけるよりも後ろ向き検索において、現在のマクロブロックとの相関がより一層強い。なぜなら、一致すべき現在のマクロブロックは常に固定されているのに対して、前方検索の現在マクロブロックは前方検索において常に変化しているためである。

実験結果：

FBR-TAMIアルゴリズム；

FBR-TAMIアルゴリズム10（図4参照）の試験を行うため、CIFフォーマット（ 352×240 画素）のテニスシーケンスを用い、 $N=0, 1, 2, 3$ での異なるN-P方式でシミュレーションを実行した。MPEG標準（MPEG91）におけるハフマン符号化テーブルを可変長符号化に使用した。ヒストグラム差（DOH）をその単純さからTAMIアルゴリズムでのシミュレーションの間隔測定に使用した。

図5はP1を無制限とした場合（VBR-TAMI）とP1を制限した場合（

F B R - T A M I) の実施形態における S / N 比を示している。 B I フレームを使用する方が P 2 フレームを使用するより良好で、非常に動き活動がはげしいため 0 型の画面変化が多く検出される場合であっても B I フレームを使用する方が良好であることを示している。それ故、 V B R - T A M I 以外のシミュレーションについては、制限つき P 1 方式を使用している。図 1 4 (a) から図 1 4 (e) では時間的平滑領域での S / N 比の結果を示しており、これに対応するフレーム毎のビットレートも図 1 5 (a) から図 1 5 (e) に提供してある。より詳しくは、図 1 4 (a) から図 1 4 (e) は、通常の 4 - P と、 0 - P 、 1 - P 、 2 - P 、 3 - P 方式それぞれで平均ビットレート 7 3 6 . 5 K b i t / 毎秒のテニス画面で、それぞれがわずかな動きのフレームまたは画像に対する S / N 比を示している。図 1 5 (a) から図 1 5 (e) は、図 1 4 (a) から図 1 4 (e) のそれぞれに対応するわずかな動きの画像でのビットレートを示す。図 1 4 (a) と図 1 4 (e) から、幾つかのそれぞれの N - P 方式のうちでも、 1 - P 方式が S / N 比と対象の画質について最高で、 1 - P 方式の S / N 比は従来の 4 - P 固定方式に対して約 1 d B 良好である。図 1 6 (a) から図 1 6 (e) は、急激な画面変化のある時間的な活動が大きな領域での結果で、対応するビットレートの結果がそれぞれ図 1 7 (a) から図 1 7 (e) に示してある。 1 - P 方式の S / N 比は、画面変化のある場合で従来の 4 - P 方式よりもわずかに良かった (約 0 . 5 d B) 。 1 - P 方式での複合化した画質は、従来の方法の 4 - P 方式のそれと好適に比較するために決定してある。 1 - P 方式を用いる性能の改善は、低いビットレート符号化 (3 0 0 K b i t / 毎秒 - テニス) で顕著であり、目標ビットレートでの S / N 比とビットレートの結果が図 1 8 (a) から図 1 8 (e) と図 1 9 (a) から図 1 9 (e) にそれぞれ示してある。図 1 4 、図 1 6 、図 1 8 での S / N 比の平均とビットレートの平均は、図 2 0 、図 2 1 、図 2 2 にそれぞれ図示してある表に示す。本発明の 1 - P 方式 F B R - T A M I アルゴリズムは多くの場合で従来の固定 4 - P 方式を凌駕することが分る。

V B R - T A M I アルゴリズム；

図 2 3 (a) と図 2 3 (b) は、 V B R - T A M I と 0 - P 方式 F B R - T A

M1とのS/N比とビットレートの比較で、この例の場合では同じ平均ビットレート663Kbit/毎秒を有している。したがって画質には時間的変化が少ない。予想されるように、VBR-TAM1でのS/N比は、FBR-TAM1より安定している。可変ビットレート出力の引き替えとして、本発明のVBR符号化方式では顕著な画質損失なしに急激な動きのある画面を扱うことができる。

最適スペーシングアルゴリズム；

図24 (a) から図24 (e) は、現在フレームと第1フレーム (フレーム120) の間で、例えばDOH、HOD、BH、BV、MCE測定法といった5種類の異なる測定方法をそれぞれ用いた場合の相対間隔を示す。プロットにおいて、DOHとMCE基準が局部的な動きよりもグローバルモーションに対して敏感で、他の3種類の基準はグローバルモーションと局部的な動きの両方について前述したように敏感であることが分る。さらに詳しくは、図25 (a) から図25 (e) がS/N比と、それぞれ間隔測定法としてDOH、HOD、BH、BV、MCEを用いたOSAのフレーム番号との曲線を示している。HODは最も優れた結果となっている。なぜならフレーム120とフレーム180との間でグローバルモーションがなく、ある程度の局部的な動きだけしかないときには、局部的動きに対する感度が重要であるからである。

図26の表では、MCE基準が、各種動きの活動で全体として最高の性能を發揮することを示している。同表において、フレーム89～149は動きのある画面を表わし、フレーム120～180は急激な画面変化がフレーム148で起こった画面、またフレーム0～60は非常に全体としての動きがはげしい画面 (フレーム30からフレーム60でズームアウトしている) である。MCEの性能が良好なのはMCEがほぼ理想に近い間隔測定であり各種の動き活動に対しても強調であると予想されるためである。

図28 (a) から図28 (e) は5種類の異なる間隔測定法DOH、HOD、BH、BV、MCEそれぞれによるB2フレームの適応型最適スペーシングアルゴリズムを使用したS/N比の結果を示す。BHは、局部的動きの良好な測定でもあり、そしてフレーム120から180の間にはグローバルモーションがな

いことから最高である。しかし図27の表では、BTI基準が各種動きの活動で全体として最高の性能を發揮することを示している。図26と図27の表を比較すると、異なる間隔測定の性能では互いに類似していることが示される。図20と図27の表を比較すると、FBR-TAMIとOSAの性能も類似しており、どの間隔測定法を使用するかによる差は僅かしか見れない。

前述の説明で示したように、本発明は、ビデオ基準フレームの位置が入力ビデ

オ動き活動に適応し、そしてビットレート制御を用いて視覚的認識におけるマスキング効果を活用することを提供する。3種類の主な別々のアルゴリズム、FBR-TAMI、VBR、OSAが示され、固定GOP構造での従来の動き補間符号化に対して好適な比較を示している。FBR-TAMIとOSAは性能的に類似しているが、TAMIはアルゴリズムの複雑さが少ない。この方法では、小数の予測フレームを有する方式が大きな符号化遅延と引き替えに良好な圧縮比を有することが兼ね合いとなる。本発明の実施形態は幾つかの異なる領域で、例えば可変ビットレート符号化、低ビットレート符号化、CD-ROMへの保存用符号化、及び時間適応3Dサブバンド符号化などで有用であると予測される。FBR-TAMIアルゴリズムは、ビデオ会議またはテレビ電話などの急激な動きがほとんどない方が非常に有利であるような低ビットレート符号化に特に好適で、符号化の比較的大きな遅延が許容できるようなCD-ROM等への保存用途でも好適である。

図29では、3つの曲線の組み合せが画像の動きに対する本発明のTAMIとOSA実施形態の間の比較を示している。いちばん上の曲線120は画像の動きに対する15フレームのGOPでのフレーム番号のプロットを示す。この例では、画像の動きの曲線122はフレーム1と7の間の「時間的に活動が多い」領域124と、フレーム8から15の間の「時間的な動きが低い」領域126を示している。図示してあるように、領域124では、Pフレームは頻繁に発生し或いはこの領域で互いに接近しているが、これは多くのデータ変化が存在しているためで、フレームごとに大きな画像の移動があることを示している。これと逆に、領域126では画像の動きが実質的に小さく、Pフレームは出現頻度が小さく

または互いにもっと離れているが、これはフレーム間でのデータ変化または画像の動きが小さいことによる。曲線部分 128 では、フレーム符号化のための TAMI 处理がフレーム間隔のプロットとして図示してある。これはフレーム番号に対するフレーム間の全体的なピクチャの動きである。0 型しきい値が検出されたフレーム間隔または動きが破線 130 で図示してある。図示したように、フレーム間のフレーム間隔または画像の動きが 0 型しきい値を越えるたびに、0 型しきい値の発生直前のフレームが P2 フレームに指定される。前述したように、この例

において、GOP は 15 フレームから構成され、フレーム番号「0」から「14」で指定され、「15 番目」に指定されるフレームは実際には次の GOP の第 1 フレームになる。第 1 フレームは常に「1」フレームに指定される。いずれか 2 つの基準フレームの間に配置される次のフレーム、例えば P フレームと I フレームは図示したように「B」フレームに指定される。曲線部分 128 に図示したように TAMI 处理を用いる場合、P フレームは、時間的活動がはげしい領域 124 に比べ時間的活動が小さい領域 126 でさらに離れる。OSA 处理を用いることで、曲線部分 132 に図示したように、P フレームの幾つかの指定は、できるだけ P フレームを等間隔にすべく右または左にシフトするように変更される。したがって、図示したように TAMI ではフレーム 10 を P フレームに指定するが、OSA 处理では、この例において、P フレームはフレーム 10 からフレーム 9 へ左に移動される。同様に、TAMI 曲線 128 では、フレーム 13 が P フレームに指定されるか、OSA 处理では、曲線部分 132 に図示してあるように P フレームがフレーム 13 からフレーム 12 へ移動される。またこの移動の結果として、TAMI で B フレームに指定されるフレーム 9 は、OSA では P フレームに指定され、TAMI で P フレームに指定されたフレーム 10 は OSA で B フレームに指定され、TAMI で P フレームに指定されたフレーム 13 は OSA で B フレームに指定される。結果として、領域 126 の P フレームは互いに等間隔に近く配置され、TAMI に対して OSA によるビット割り当てが効率的に行なえるようになる。

基準フレームの個数 (N) の適応選択 ;

主として T A M I で、本発明による他の実施形態のための変数 N を許容するようなビットレート制御アルゴリズムについて説明する。前述したように N は P 1 フレームの個数である。N を適合させる 1 つの単純な方法は、O 型画面変化の検出に一定のしきい値を使用することと、それぞれの検出された変化に 1 つの P フレームを使用することである。N を強いて固定ビットレートに適合させるには、前述したような可変ビット割り当てを使用する。異なるピクチャ形式に対応する目標ビット割り当ては、これにあわせて更新される。

アルゴリズムを説明するために、チャンネルビットレートを R (ビット／毎

秒) で表わし、G O P の大きさを M、予測される G O P ビットレートを G、ピクチャ形式での目標ビット割り当てを D_t とする。I 1、I 2、P 1、P 2、B 1 フレームのビット割り当ては、それぞれ D_{I1} = C_{I1} x、D_{I2} = C_{I2} x、D_{P1} = C_{P1} x、D_{B1} = C_{B1} x となる。ここで x は共通の係数、また C_{I1}、C_{I2}、C_{P1}、C_{P2}、C_{B1} は I 1、I 2、P 1、P 2、B 1 フレームでの定数、C_{I2} = C_{P2} = C_{B1} である。前述の一定ビット割り当て方式とは異なり、ここで x は G O P から G O P へ変化できるので、これにより本発明の可変ビット割り当て方式を提供することができる。I だけに制限された N の変化に使用された B 2 フレームが必要とされないことに注意する。共通の係数 x は比例関係、即ち R = 2 G で決定する。ここで G = (C_{I1} + N C_{P1} + (M - N - 1) C_{B1}) x である。次式は目標ビット割り当てを発生する：

$$D_t = C_t \cdot \frac{R}{2(C_{I1} + N C_{P1} + (M - N - 1) C_{B1})} \quad (30)$$

このビット割り当ては、式 (30) を各 G O P の先頭で使用して更新する。

位置決めの高速ヒューリマティックアプローチ (B S - E - T A M I)

B S - E - T A M I と呼ばれる本発明の他の実施形態 (2 進検索等間隔 T A M I) について説明する。n 個の S S P (画面セグメンテーションポイント、即ち O 型画面変化) が一定しきい値を用いて画面変化検出アルゴリズム 1.4 (図 4 参照) により検出される。間隔測定値が整数であり、ヒューリマティックアプロー

チを展開するためのベースとして2つのフレームの間で時間分離に対して一様に増加する関数だと仮定する。HOD(差分のヒストグラム)は、一般に間隔測定値が一様になり易いことから、間隔測定値によって動きを測定するシミュレーションで使用される。

問題は、SSP即ち0型画面変化のほぼ等間隔についての位置を発見することである。本発明の高速ヒューリマティックアプローチ検索は、最良位置に近い位置についてのものである。図30は、初期しきい値 τ_0 を使用して、2つのSSP即ち0型画面変化をSSP検出器14で検出する例を示しており、これはn個のSSPを発生する。最後のSSPとGOPの最終フレームの間の間隔は $a(\tau)$

で表わす。また $a_0 = a(\tau_0)$ とも表わす。問題は、 $\tau_0 > a(\tau_0) = a_0$ で開始し、 $\tau \geq a(\tau)$ を満たす $[a_0, \tau_0]$ で最小の τ を見つけることである。間隔測定は一様であると仮定しているので、 $a(\tau)$ は τ が τ_0 から減少した時に増加するか一定に留まる。さらに詳しくは、 τ が τ_0 から減少すると、最終的に $\tau \leq a(\tau)$ に到達する。換言すれば、点Aがしきい値の減少により(図30参照)何らかの点で点Bに交差又は到達する。

τ は整数であり $[a_0, \tau_0]$ の有限範囲を有するので、2進検索を解 τ に使用する。言い換えれば、 $a(\tau_{\text{new}})$ は中点を用いて計算し、

$$\tau_{\text{new}} = \frac{\tau + a(\tau)}{2} \quad (31)$$

また τ_{new} と $a(\tau_{\text{new}})$ を比較する。 $\tau_{\text{new}} > a(\tau_{\text{new}})$ なら、 $[a_0, \tau_0]$ の後半について検索を行ない、 $\tau_{\text{new}} < a(\tau_{\text{new}})$ なら前半を検索する。新規の検索領域の新規中点について停止基準が満たされるまで $a(\tau)$ を計算することで継続する。

BS-E-TAMIアルゴリズムで使用すべき術語は次のように定義する：

- b : 検索領域の底辺
- t : 検索領域の上辺
- m : 検索領域の中点
- SSPDET(N, τ) : しきい値 τ を用いるSSP検出器

ここでSSPの最大許容数はNである。

・ $N(\tau)$: SSPDET(N, τ) で検出されたSSPの個数

ここで、 $N(\tau) < N$ である。

・ pos(τ) : SSPDET(N, τ) で検出されたSSPの位置

・ d τ : $m > a(m)$ を満たす直前のしきい値m

・ dpos : d τ に対応する直前の位置

n個の位置を発見するアルゴリズムは、一般に次のように説明される。

1. n個のSSPを作成する初期しきい値 τ_0 を取り出す。

SSPDET(N, τ_0) を実行し、 $a_0 = a(\tau_0)$ を計算する。

$d\tau \leftarrow \tau_0$ または $dpos \leftarrow pos(\tau_0)$ に設定する。

2. $\tau_0 \leq a_0$ なら、ステップ6へ進み、それ以外では $\{b \leftarrow a_0; t \leftarrow \tau_0\}$

3. $m \leftarrow (b + t) / 2$

SSPDET(N, m) を実行し、 $a(m)$ を計算する。

4. $m > a(m)$ なら、 $\{t \leftarrow m - 1;$

$N(m) = N$ なら、 $\{d\tau \leftarrow m; dpos \leftarrow pos(m)\}$

それ以外では、 $\{b \leftarrow m - 1\}$

5. $m = a(m)$ または $b > t$ になるまでステップ4を反復する。

6. $\tau_+ \leftarrow d\tau$ で停止する。

dposはSSPの所望の位置であり、 τ_+ に対応する。

ステップ6で、 $d\tau$ は所望の解になるが、これは τ が $a(\tau)$ より大きくなる位置の直前に位置するためであり、 τ は $a(\tau)$ に最も近いことになる。BSE-TAMIのアルゴリズムのさらに詳細な説明は、図3-1のステップ133から145に示してある。

τ_+ についての強力な検索を用いた場合、必要な計算は、 $\tau_0 = 10^4$ かつ $a_0 = 0$ とすると 10^4 の桁にのぼる。2進検索を用いて行う必要な計算は、データの大きさがLの場合に $[(\log_2 L) + 1]$ で、 $L = 10^4$ のとき約15になる。2進検索を使用することによって、ほぼ1000倍の計算を節約することができる事になる。例えば、周期的な動きのため一様性が得られない時、ヒューリ

ステイックアプローチは初期S S P位置 p_{0s} (τ_0) を使用することになる。

2進検索を使用する方法は、前述した適応性N方式と容易に組み合せができる。この2進検索法の利点は、高速であり且つE-T A M I (等間隔T A M I) と比較して非常に単純なことである。欠点は、一様性の仮定が満たされない場合に失敗することである。しかし、通常のビデオ素材では大半のG O Pで仮定が有効である。

ハードウェアシステム／ソフトウェアの実装：

本発明者は、本発明によるT A M I 及びO S Aの実施形態のソフトウェアによ

る実装を図32から図38に図示したように考案した。これについて以下で説明する。本発明のT A M I実施形態のハードウェアによる実装は、すでに説明したように図3に図示してある。

T A M IとO S A実施形態の双方のソフトウェア実装による実施形態のフローチャートは、図32において示すように、ステップ150から161を含む。このソフトウェア実装は、標準的なT A M I、V B R-T A M I及びF B R-T A M Iを含む全てのT A M I実施形態に応用可能である。より詳しくは、ステップ150でソフトウェアルーチンを開始したあと、画面変化検出ステップ151に入り積算した低速変化又は完了した低速変化を検出している。それによって、本発明の各種実施形態では別のソフトウェアルーチンが必要とされることがある。次のステップ152、即ちソフトウェアルーチン「I 1 ピクチャ符号化」では、ピクチャのグループ又は処理しているG O Pの初期化を提供する。第1フレームは、M P E G標準に準拠して1フレームとして符号化する。しかし本発明において、第1フレームは、さらに特別な符号化が、最大解像度符号化を提供するI 1 ピクチャとしてなされ、その一方で前述したように1型画面変化の検出に関連する処理中のG O P内部の他のフレームにはI 2符号化を用いることができ、それによってI 2符号化はI 1符号化より粗くなる。次のステップ153では、現在のピクチャインデックス又は実際のピクチャ番号(C P I C I)がG O Pの第1フレームに対応する時点を決定する。このステップでは、変数が第1ピクチャ番号(F P N)になるよう設定される。次のステップ154では、画面セグメント

についてインデックス「i」を提供し、このインデックスは第1の画面セグメントでゼロに初期設定され、さらなる画面セグメント又はフレームを処理するごとに1つづつ順次増加していく。

次のステップ155では、後述するように本発明者により考案された新規ステップを追加した形のMPEG標準の幾つかが含まれる符号化アルゴリズム(MAIN)によりデータを処理する。

次のステップ156では、処理を次の画面セグメントに進めるために、画面セグメント「i」のインデックスが1つ増加させられる。

次のステップ157は、インデックス「i」が画面セグメント個数(SCNU M)よりも小さいか又はステップ151で画面変化の検出により決定したようにループするかを決定するための決定ステップである。多数の画面変化が存在する場合、多数のセグメントが割り当てられる。換言すれば、セグメントの個数は、検出した画面変化の個数に直接比例するので、本システムが適応型システムになる。

ステップ155から157を含むループを通じて最後の画面セグメントを処理した後、決定ステップ157は、最後の画面セグメントを処理したと判定してから、処理ループを抜けてステップ158に進む。ここでは、処理したばかりのGOPの第1フレームに対応する実際のピクチャ番号を15ずつ増加させる。この実施形態では、前述したように、選択したGOPの大きさが本発明の好適実施形態では15であるが、MPEG標準では15以外のことも有り得る。

次のステップ159のSCDETは、次の15フレーム、即ち次に処理するGOPのフレームでの画面変化を検出する。

次のステップ160では、15ずつ増加させて現在のピクチャインデックス又は実際のピクチャ番号CPICIが最後のピクチャ番号LPNより小さいかどうかを調べる。小さい場合には、現在処理しているフレームのデータをステップ154に供給し、ステップ154から160で表わされるループでの処理を継続する。最後のピクチャ番号LPNを処理したら、決定ステップ160はループから抜け、ステップ161の符号化処理を終了する。

図33には、FBR-TAMI、即ち固定ビットレートTAMIでの画面変化検出処理SCDETが図示してある。このフローチャートは、図4のフローチャートに類似しているが、処理のさらに細部を提供している。VBR-TAMI用のSCDETが図示しており、そして図10との関連で前述したことに注意する。同様に、本発明のOSA実施形態のためのSCDETの実施形態を図示し図11との関連で説明してある。

図33において、FBR-TAMI、即ち固定ビットレートTAMIのSCDETは、ステップ170でメモリへGOPのフレームの読み込みを行うことで始まる。ステップ171では、システム内のカウンタを初期化する。図示した実施形態のステップ172では、画面変化の画面インデックスが2に設定されるよう

に図示してあり、処理中のフレームについての画面セグメントにおける第1フレームのピクチャ番号は0に設定されるように図示してあり、そして画面セグメントのインデックスは次のステップに進む前に1だけ増加される。ステップ173では、画面セグメントデータ T_0 をフレーム基準メモリ T_{ref} に複写し、現在のピクチャフレームカウンタを1に設定する。次に、決定ステップ174では、現在フレーム T_c と直前の基準フレーム T_{c-1} の間の間隔又は動きが1型画面変化のしきい値 T_1 より大きいか否かを決定する。大きい場合には、ステップ178に進む。大きくない場合には、ステップ175に進み、現在フレームと直前の基準フレームの間の動きが0型しきい値 T_0 より大きいか否かを決定する。大きい場合にはステップ180に進み、それ以外ではステップ176に進む。

ステップ174からステップ178に進んだ場合、画面変化の種類を1に設定し、画面セグメントの第1フレームのピクチャ番号 c を識別し、直前の画面セグメントの最終フレームを $(c-1)$ で識別し、そして画面セグメントのインデックスを1だけ図示したようにインクリメントする。次に、ステップ179では、現在のフレームデータ T_c を基準フレームデータ T_{ref} に複写する。ステップ179から、ステップ176に進み、現在処理しているGOPの終端に到達したか、つまり15番目のフレームが処理されているかを調べる。処理されていない場合には、ステップ177に進み現在のフレームを1だけインクリメントして次のフ

レームに進み、その処理はステップ174にループバックする。しかし、該処理が終了している場合、すなわちGOP内のフレームを処理し終わっている場合、ステップ184に進み次のGOPを処理する。図33において図示した設定では、「D(,)」の部分はフレーム間の動き量の間隔測定を表わしている。また、ステップ181にいう「Cond. A」とは、つまり「set[scindex-1]=1&(PNSCL[scindex-1]-PNSCF[scindex-1])=0」を意味し、これは直前のセグメントの画面変化の種類が1であり、そしてその画面持続が0であることを表わしている。

図34は、図32のTAMI符号器ルーチンで使用する「N-P TAMI SCD E T」画面変化検出器を表わす。N-P TAMI SCD E Tについての図34のフローチャートにおけるステップの実質数は、図33のフローチャートの一部に図示したステップと同じで、これらのステップでの基準の指定は同一

である。例えば、初期化のステップ170から173は、図33と図34のフローチャートで同一である。図34のN-P TAMIのフローチャートでステップ200から205は、図33のSCDET-FBR-TAMIのフローチャートとは異なる。図34のフローチャートでは、ステップ174、178、201、202が1型画面変化を検出するが、ステップ180から183と200は0型の画面変化を検出する。また、1型及び0型の画面変化を提供するために指示したこれらのステップは、ステップ179とあわせて排他的論理和関数を提供することにも注意すべきである。さらにステップ203からステップ205がP1指定フレームのデフォルトポジションの挿入または生成を提供することも注意すべきである。利便のため、本実施形態においてこのようなデフォルトポジションは、2型画面変化として指定してある。

図32に図示したTAMI符号器のフローチャートのピクチャ符号化ステップ152が、図35にさらに詳細に図示してある。ステップ250からステップ256では、図示のようにI1、I2、P1、P2、B1、B2符号化を行う。ステップ250では、データの離散コサイン変換(DCT)を行う。ステップ251では、主データ圧縮を実行し、そして異なる量子化レベルを提供するのに適し

得るステップサイズを有する量子化回路を示している。ステップ252では、例えばハフマン符号化などの可変長符号化VLCを実行する。ステップ256で行うバッファ制御は、出力ビットレートを一定にするためにMPEG標準のビットレート制御の一部として含まれており、これにより過剰ビットを使用する場合に量子化回路を粗い量子化に制御し使用するビットを減少させる。ステップ253とステップ254では、逆量子化と、逆離散コサイン変換処理をそれぞれ行う。ステップ255では、逆離散コサイン変換254からの複合化の結果をメモリ内に保存又は記憶し、この結果は後に動き補償に使用する。例に図示してあるように、本発明の発明者は、ステップ251の量子化回路に6種類の異なるQSレベルを提示してこれらを選択できるようにし、QSの値が大きくなる程ステップ251で行う量子化が粗くなる、つまり解像度が低くなるようにしている。この例に図示してあるように、I1及びP1として指定されるフレームはそれが指定されたQSの量子化レベルを有している。双方向フレームB1又はB2に指定

されるフレームは、それぞれ2QSの量子化レベルを有する。I2に指定されるフレームは10QSの量子化レベルを有し、P2に指定されるフレームは3QSの量子化レベルを有する。

TAM1符号器のために図32のステップ155に図示するMAM1符号化アルゴリズムは、図36Aと図36Bのフローチャートではそれぞれステップ260から278及びステップ280から285において詳細に示してある。さらに詳しく説明すると、ステップ260において、NP1として指定される過去のP1フレームのカウント値は、図示のように「0」カウントを初期値として持つよう設定される。ステップ261では、1型画面変化が発生したかの判定を行なう。1型画面変化が発生した場合には、ステップ262に進み、現在のピクチャ番号PNを画面セグメントの「i番目の」フレームのピクチャ番号と等しくする。次に、決定ステップ263に進み、ピクチャ番号がGOPの最終フレームを表わすかを判定する。表わしている場合はステップ264に進みI1フレームとしてフレームを符号化し、違う場合はステップ275に進みI2フレームとしてそのフレームを符号化する。ステップ261で、1型画面変化が現在処理している

フレームで検出されないと、ステップ273に進み、現在処理しているフレームでフレーム間の動きが0型画面変化か、つまり0型画面変化が得られたかどうかを調べる。0型画面変化が得られない場合には、ステップ265に進む。0型画面変化が得られた場合には、ステップ274に進み、図示のように現在の画面セグメントの第1ピクチャ番号を1だけ減少させる。ステップ264の11符号化のステップと、ステップ275の12符号化ステップについてのさらなる処理ステップが図35以降のフローチャートに図示してある。

ステップ265では、現在処理している画面セグメントの持続がゼロか否かを調べる。もし画面セグメントの持続がゼロである場合には、図32に図示したフローチャートのステップ156に進む。一方、画面セグメントの持続がゼロでない場合は、ステップ266に進み、処理している画面セグメントの最終フレーム番号にピクチャ番号を設定する。次に、現在処理しているフレームがGOPの最終フレームに位置しているかどうかを調べるために決定ステップ267を実行する。最終フレームである場合には、ステップ276に進み、関連ピクチャ番号の

最初と最後の画面セグメントの間にある全てのBフレームに対してテレスコピック動き予測を実行する。そしてその後ステップ277に進み、フローチャート(図35)のステップ250から256で11フレームの符号化を実行する。しかし、ステップ267でフレームの位置が最終フレームの位置ではないと判断した場合には、ステップ268に進み、フローチャート(図37)のステップ290から297を通じて、Pフレームと先行するBフレームに対する動き予測を実行する。フローチャート(図37)のステップ297の実行後、ステップ269に進み、MPEG標準にしたがって予測処理を行なう。次に、決定ステップ(ステップ270)に進み、次画面が1型画面変化を有するか否か、また既にP1フレームがいくつか検出されたか否か、を決定する。そして答えが否定であれば、図35のステップ250から256を経由してステップ278において、P2フレームの符号化を実行する。逆に答えが肯定であれば、図35のステップ250から256において、P1フレームの符号化を実行し、次にこれまでのP1フレーム数のカウント値を1だけ増加する(ステップ272)。

次に、ステップ280(図36B)に進み、1だけインクリメントされた最終画面セグメントにおける第1フレームのピクチャ番号に現在のピクチャ番号を設定する。次に、補間ステップ281に進み、MPEG標準に則した補間を実行した後、ステップ282に進み、P1フレームの個数が0と等しいかを調べる。0と等しい場合には、B2フレームの符号化ステップ283に進む。一方、0以外の場合には、B1フレームの符号化ステップ285に入る。前述したようにステップ283と285についてのサブステップ250から256は、図35のフローチャートに示してあることに注意する。次に、決定ステップ284を実行し、現在のピクチャ番号PNが画面セグメント「i」の最終フレームのピクチャ番号より小さいかを調べる。その結果小さい場合には、ステップ281ヘループバックして処理が継続され、逆に大きい場合には、ステップ156(図32参照)へ進み、画面セグメントのインデックス「i」を1だけインクリメントする。

図36A及び図36Bのフローチャートで説明したように、MAINステップ155(図32参照)、即ちMAIN符号化アルゴリズムでは、Pフレームに関連する動きを決定するための動き予測ステップ268の詳細は、図37のフローチャートに示してある。その第1ステップ290では、現在のフレーム番号FNを1だけインクリメントされた「i」画面セグメントのピクチャ番号に送出する。

次に、ステップ291で、現在フレームと最後の基準フレームのピクチャ番号画面セグメントとの間で、前方動きベクトル検索を計算する。次に、ステップ292で現在のフレーム番号を1だけインクリメントする。この後、ステップ293に進み、現在のフレームが画面セグメントの最終フレームのピクチャ番号より小さいかを調べる。もし小さい場合にはループを経由してステップ291に進み、逆に小さくない場合にはステップ294に進んで1だけデクリメントされた最後の画面セグメントのピクチャ番号に現在のフレーム番号FNを設定する。次に、ステップ295に進み、この例ではMPEG標準に基づく標準アルゴリズムを利用して、後方動き予測を実行する。次に、ステップ296に進み、現在のフレーム番号FNを1だけデクリメントする。この後、ステップ297に進み、現在のフレーム番号FNが第1フレームの画面セグメントの第1フレームに対するピ

クチャ番号より大きいかを調べる。もし大きい場合には、処理はステップ295ヘループバックし、大きくない場合には、処理は図36Aに示す予測ステップ269へ進む。

TAM1符号器(図32)によるMAIN符号化アルゴリズムを示す図36Aのフローチャートにおいて、Iフレームの動き予測ステップ276の詳細については、図38のフローチャートに示すステップ300からステップ307で図示してある。Pフレームの動き予測ステップについての図37のフローチャートは、図38のフローチャートとほとんど同一である。換言すれば、図37のステップ290から292及びステップ294から297は、それぞれ図38のフローチャートのステップ300から302及びステップ304から307と同一である。MEPおよびMEI処理での唯一の差は、前者のステップ293と後者のステップ303との間にある。ステップ293は関連する決定ステップにおける最終フレームを含み、一方ステップ303は最終フレームを含まず、そのため現在のフレーム番号が最終フレームより小さいかの決定だけしか行なわない。

前述した本発明の各種実施形態を実現可能とするためのハードウェアシステムについて、図3及び図9のシステムよりさらに詳細に説明する。図39を参照す

ると本システムは、ビデオデータを受信するための画面変化検出器310を含み、これは、0型および/または1型画面変化により各種フレームをI、P、又はBに指定する。相関するGOPは、画面変化検出器310に記憶される。制御信号CSは、前述したように、必要とされるステップを実行すべくプログラムされたマイクロプロセッサ334から入力される。ラインA1上の1つの出力信号は、ピクチャモード信号(PMS)で、これはI、P、或いはBフレームのいずれかとして処理されているフレームの指定を識別する制御信号である。この信号は入力信号として動き補償回路318に接続されている。動き補償回路318の詳細は後述する。ラインA2に沿った他の出力信号は、フレーム出力信号である。この信号は加算結合312と、ラインG1経由で動き補償モジュール318とに接続されている。ラインG0に沿った動き補償回路318からの出力は、加算結合312へ接続される。加算結合312の出力信号、即ちデータは、離散コサイ

ン変換 (D C T) モジュール 314 へ接続され、そしてこのD C T モジュール 314 は、量子化 (Q) モジュール 316、可変長符号化 (V L C) モジュール 324、マルチプレクサ (M P X) モジュール 328、ビットカウンタモジュール 330、バッファ 332 とカスケード接続してある。フィードバックライン J1 及び J2 は、バッファ 332 とビットカウンタ 330 とからそれぞれビットレート制御装置 326 に接続されており、このビットレート制御装置 326 の出力は ライン J0 を伝って量子化モジュール 316 へ接続されている。量子化モジュール 316 の他の出力は逆量子化回路 320 (Q^{-1}) に接続してあり、この出力は 逆離散コサイン変換モジュール 322 への入力として接続してある。逆離散コサイン変換 (I D C T) モジュール 322 の出力は加算結合 323 に接続し、また この加算結合 323 にはライン G0 経由を経由して動き補償モジュール 318 の 出力信号も伝送される。加算結合 323 からの出力は、ライン G2 を経由して 動き補償モジュール 318 の入力に接続される。308 で示した破線の領域内部に 含まれる符号器の部分は、従来技術で周知の典型的なM P E G ビデオ符号器を 表わすことに注意する。本発明の発明者は、従来技術の符号器に画面変化検出器 モジュール 310、ビットレート制御装置 326 及び動き補償モジュール 318 を 追加しこれを改良して、本発明の各種実施形態を実現するようにしている。動き 補

償モジュール 318 からマルチプレクサ (M P X) 328 への出力線 M V は、マ ルチプレクサへ動きベクトルビットを伝送する。また逆量子化回路 320 と逆離 散コサイン変換モジュール 322 は、従来技術において一般的な復号化を実行す る。ビットカウンタ 330 は、このシステム内で生成されたビットをカウントし、シス テムの出力動作を決定して、使用するビット数がシステムの能力を越えないよ うな方法で量子化回路 316 を制御する。ビットレート制御装置 326 は量子 化回路 316 による粗い量子化を調節する。

画面変化検出器モジュール 310 について図 40 から図 45 を参照し実質的に 更なる詳細を説明する。また前述したアルゴリズム、特に図 32 のアルゴリズム も参照する。図 40 に図示してあるように、画面変化検出回路 310 は、距離計

算ユニット338に接続したフレームメモリ336と、画面変化検出回路制御装置346とを含んでいる。フレームメモリ336は、画面変化検出回路制御信号(SCDCS)にも応答する。フレームメモリ336は、16フレーム用の標準フレームメモリであり、この例では15フレームのGOPを仮定している。距離計算ユニット338は、現在のフレームと後続または次のフレームの間の距離や動きを計算する。この距離計算ユニット338もまた、SCDCS信号に応答する。距離計算ユニット338は、図示したように、0型画面変化検出器モジュール342からの又は1型画面変化検出器モジュール340からの基準フレーム番号信号 F_{ref} にも応答する。フィードバック信号 F_{ref} は、前述したように、フレーム間の距離計算又は動き計算に使用する基準フレームの位置を再設定するため距離計算ユニット338が応答するフィードバック信号である。1型画面変化検出モジュール340は、図示したように、0型画面変化検出回路342とGOP構造生成ユニット344の両方に出力信号を提供する。前記2つの画面変化検出モジュール340、342の詳細は後述する。GOP構造生成ユニット344は、SCDCS制御信号で制御され、そしてラインE3を伝って画面変化検出器制御装置346への出力する一方で、ラインE2を伝って当該制御装置346からの出力信号を受信する。画面変化検出器制御装置346は、ラインE0を伝ってフレームメモリモジュール336からの信号も受信し、ライン即ちバス△2にフレーム出力信号を、また信号線△1にピクチャモード信号PMSをそれぞれ提供する。GOP構造生成ユニット344は、MPEG標準にしたがって完全なGOP構造又はマップを生成するために使用される位置を検出する。また、SCD制御モジュール346は、小型マイクロプロセッサによって、又は結線論理回路によってタイミング、データフロー、同期その他のために提供できることにも注意する。

距離計算ユニット338の更なる詳細が図41に図示してある。図示のように、距離計算ユニット338にはヒストグラムモジュール348が含まれており、これにより、B1を伝って送られるデータに基づいて直前の基準フレームのヒストグラムを生成する一方で、他のヒストグラムモジュール350も含まれており

、ラインB 0を伝送するデータに基づいて現在フレームのヒストグラムを作成する。ヒストグラムモジュール348は、メモリ352に接続されて、画面変化検出モジュール340又は画面変化検出モジュール342によりメモリ352がリセットされるまでの間、メモリに直前の基準フレームデータを記憶する。メモリ352の出力は、絶対差ユニット354に接続されており、また絶対差ユニット354にはヒストグラムモジュール350により現在フレームのヒストグラムデータが出力される。これらの間の絶対差は、絶対差ユニット354により計算され、この結果を加算モジュール356に出力し、この加算モジュール356の出力がヒストグラム差としてラインB 2を伝い画面変化検出モジュール340及び342へ入力される。距離計算ユニット338についての図41の例ではヒストグラムモジュール348及び350を用いるように図示しているが、このヒストグラム技術に換えて、ブロック変動処理、差分のヒストグラム処理その他を使用しても良い。これらその他の技術についてはすでに説明した通りである。

図42を参照して1型画面変化検出モジュール340について説明する。1型画面変化検出モジュール340は、コンパレータ358を含んでおり、距離計算ユニット338からラインB 2を伝って受信した距離信号又は動き信号と、1型しきい値信号 T_1 とを比較する。そしてラインB 2からの信号が T_1 より大きい場合にはコンパレータ出力はデジタル値の「1」を表わし、ラインB 2からの信号が T_1 より小さい場合にはコンパレータ出力358はデジタル値「0」を表わすようになる。コンパレータ358からの出力は、図中下端がC 2で又上端がB

1で表わしてある各ラインに沿って、バッファとして機能する検出信号ユニット360と、 F_c （現在のフレーム番号）に設定される F_{ref} を生成するためのフレーム番号生成回路として機能する位置出力ユニット362の両方へ供給される。バッファ360は、非反転バッファであることに注意する。したがって、デジタル値「1」が入力信号として提供された場合、検出信号生成ユニット360からの出力信号もデジタル値「1」になる。

図43を参照して0型画面変化検出モジュール342について詳細に説明する。図示のように、0型画面変化検出モジュール342にはコンパレータ364が

含まれており、距離または動き測定信号 B 2 を T_0 しきい値信号と比較し、B 2 が T_0 より大きい場合にはデジタル値「1」の出力を発生し、距離 B 2 が T_0 しきい値より小さい場合にはデジタル値「0」を出力する。コンパレータ 364 は、1 型画面変化検出モジュール 340 から D 1 を通じて 1 型検出信号も受信する。この信号はコンパレータ 364 の動作を停止させるための信号である。そして 1 型画面変化をモジュール 340 で検出した場合には、0 型画面変化検出モジュール 342 の動作を停止させる。コンパレータ 364 の出力は、直前のフレーム番号に対して $F_{(C-1)}$ に等しい F_{ref} 信号を B 1 に沿って提供する位置出力ユニット 366 への入力として接続される。また、位置出力ユニット 366 は、0 型画面変化がフレーム間で検出されたかを表わす信号を D 3 に出力する。

図 44 を参照して、図 40 の G O P 構造生成ユニット 344 をさらに詳細に説明する。図示したように、G O P 構造生成ユニット 344 は、0 型画面変化位置と 1 型画面変化位置とをそれぞれ記憶するための 2 つのメモリ 368、370 を含む構成となっている。これらのメモリ 368、370 は、基準フレーム位置ユニット 372 の入力へ個別に接続されており、検出された画面変化に基づいて I 及び P フレームの位置を決定する。基準フレーム位置ユニットからの 1 つの出力は、B フレーム位置ユニット 374 へ接続しており、I フレーム又は P フレームに指定されていない残りのフレームを B フレームに指定する。基準フレーム位置ユニット 372 は、PMODE メモリ 378 にも接続してある。PMODE メモリ 378 も B フレーム位置ユニット 374 から B フレーム位置を受信し、処理中の G O P についての I、P、B フレーム位置を記憶する。この実施形態では、P

MODE メモリ 378 は、フレーム「0」から「15」にそれぞれ対応する 0 から 15 のレジスタとして指定された 16 個のレジスタを含む構成となっている。PMODE メモリ 378 は、ライン E 2 を通じて PMODE 制御信号を受信し、ライン E 3 に対して PMODE リード信号を出力する。

図 40 の画面変化検出器制御モジュール 346 について図 45 を参照してさらに詳細に説明する。画面変化検出器制御装置 346 は、小型プロセッサを含むか又は結線論理回路で提供される制御回路 380 を含む。制御回路 380 は、E 3

を通じて P MODE リード信号を受信し、E 2 を通じて G O P 構造生成ユニット 344 (図 40 参照) に対して P MODE メモリ制御信号を出力する。制御回路 380 は、画面変化検出制御信号 S C D C S も出力する。さらに図示してあるように、制御回路 380 は、ピクチャモード信号 (P M S) 生成ユニット 384 と、フレームシーケンスユニット 382 に接続してある。フレームシーケンスユニット 382 は、バッファとして機能し、フレームメモリ 336 からライン F 0 を通じてフレームデータを受信する。そして、このフレームデータが処理中のフレームの実際の画像データを表わすので、フレームシーケンスユニット 382 は処理中のフレームを表わす出力としてライン A 2 を通じてフレームデータを出力する。また、ピクチャモード信号生成ユニット 384 は、処理中のフレームの詳細な識別ができるようにするために、ライン A 1 に対してスイッチ制御信号を表わすピクチャモード信号 (P M S) を出力する。

図 46 では、図 39 に図示した動き補償モジュール 318 を詳細に示してある。破線の四角い部分 385 に囲まれた各構成部は、従来技術で周知の動き補償回路を表わす。本発明の発明者は、周知の動き補償ネットワークに 2 つのモジュールを追加し、これらモジュールは図示したようにテレスコピック動き予測 (M E) モジュール 396 とスイッチ制御ブロックモジュール 408 とを含んでいる。従来技術の動き予測ネットワーク 385 は、1 つの I MODE、即ちフレーム間モードスイッチ 386 と、4 つの B MODE スイッチ 388、394、400、402 をそれぞれ含む。他に 3 つのデータ転送スイッチ 398、410、412 も図示したように含まれている。これらのスイッチのそれぞれは、A 1 を通じて受信したピクチャモード信号 P M S に応じてスイッチ制御ブロック 408 により生

成されるモードスイッチ制御信号、すなわち M S C によって制御される。図 47 には表 414 としてスイッチ制御ブロック 408 の真理値表を示す。また、図示したように、スイッチのそれぞれは M S C 信号に応じて「0」と「1」接点の間で関連する切り換えアームを切り換えるように動作する。B フレーム補償回路 390 は、スイッチ 388、394、400、402 へそれぞれ接続されている。

Pフレーム補償回路392は、スイッチ388、394、398のそれぞれに個別に接続されている。スイッチ394は、テレスコピック動き予測モジュール396に接続されている切り換えアームを備えている。スイッチ398は、Pフレーム補償回路392へアームが接続しており、「1」及び「0」接点がスイッチ400の「0」接点とスイッチ402の「0」接点とにそれぞれ接続してある。スイッチ400のスイッチアームは、フレームメモリF0(404)へ共通接続してあり、ラインH2を経由して動き予測モジュール396へ接続してある。スイッチ402のスイッチアームは、フレームメモリF1(406)へ共通接続してあり、ラインH3を経由して動き予測モジュール396へ接続してある。フレームメモリ404と406は、それぞれスイッチ410と412の「1」接点にも接続してある。410と412のスイッチアームは、ラインG2経由で加算結合323(図39参照)に共通接続される。

動き補償モジュール318の動作について図46と図47を参照して説明する。Bフレーム補償モジュール390とPフレーム補償モジュール392は、それぞれBフレームとPフレームを処理するための必要補間関数を提供するように動作する。PMS信号が「0, 1」の時、IMODEスイッチ386は0信号を加算結合312に接続する。スイッチ410、412は、フレームメモリF0(404)またはフレームメモリF1(406)のどちらかの入力を加算結合323へ交互に接続するように動作する。これらのスイッチは、ピクチャモード信号PMSの値が0、1、2、3のいずれかである間、メモリ404、406を加算結合323へ交互に接続するように交互に切り換る。しかし、PMS信号の値が4または5のどちらかである場合、スイッチ410、412は、PMS信号が4又は5である限り、最後のスイッチ位置に留まる。PMS信号の値が0または1の場合、スイッチ386が動作して0Vを信号ラインG0を通じて加算結合312に

接続する。またBモードスイッチ388が動作してPフレーム補償回路392の出力を回路又はネットワークから切り離す。更にBモードスイッチ394が動作してPフレーム補償回路392への入力として動き予測モジュール396の出力

を接続し、スイッチ398が動作してPフレーム補償回路392の入力をそれぞれフレームメモリ404、406へ、これらのフレームメモリのどちらがデータをもつとも新しく読み込んだかによってスイッチ400又はスイッチ402のどちらかを経由して接続する。そしてスイッチ400、402が動作してフレームメモリ404、406の出力をBフレーム補償回路390の入力に接続する。PMS信号の値が「2」又は「3」に変化すると、スイッチ386、388が動作して加算結合312にPフレーム補償回路392の出力を接続し、そしてスイッチ400、402が動作してメモリ400、406の出力をスイッチ398に接続するので、それによってスイッチ398が動作してメモリ404と406からフレームメモリ出力の一方を、その時点のスイッチ398のスイッチアームの位置にしたがってPフレーム補償回路392の入力に接続する。

動き予測モジュール396についてさらに詳細に説明する。図48を参照すると、動き予測モジュール396は、動きベクトルメモリ420がテレスコピック動き予測制御装置424と予測モジュール426の間に接続してある。フレームメモリ422は、予測モジュール426とテレスコピック動き予測制御装置424に接続される。別のフレームメモリ428は、予測モジュール426と制御装置424に接続される。第3のフレームメモリ430もテレスコピック動き予測制御装置424と予測モジュール426に接続される。動きベクトルメモリ420は、現在フレームを基準として前方と後方にある基準フレームについての動きベクトルと、これらの基準フレーム間に配置したBフレームについての動きベクトルとを蓄積するためのものであり、テレスコピック動き予測制御装置424により制御アクセスされる。フレームメモリ422は、現在のフレームデータを使用するよう必要とされるまで、該現在のフレームデータを一時的に記憶する。予測モジュール426は、実際の動きベクトル検索を実行し、この際、全検索法を含む何らかの従来の動き予測方法又は本明細書で前述したようなその他の従来技術の方法のいずれかの方法を使用する。テレスコピック動き予測制御装置424

は、関連する動き予測モジュール396の他のモジュールのタイミングを制御し、動きベクトルメモリ420から動きベクトルを読み取り、信号線H1を経由し

てBフレーム補償回路390又はPフレーム補償回路392へ予測した動きベクトルを出力する。フレームメモリ428、430は、基準フレームを記憶するために使用され、任意の時刻にこれらのメモリの内の1つが直前の基準フレームを記憶し、これらのメモリの他のメモリは、後方の基準フレームを記憶する。フレームデータは、信号線H2を経由してフレームメモリ428へ入力されるほか、他の信号線H3を経由してフレームメモリ430へ入力される。

テレスコピック動き予測モジュール396のテレスコピック動き予測制御装置424について図49を参照してさらに詳細に説明する。図示したように、テレスコピック動き予測制御装置424は、制御回路436に接続されたメモリ432を含む。制御回路436は、2つのROM434、438にそれぞれ接続してある。ROM434は、前方動き予測(FME)シーケンスに関連し、一方ROM438は後方動き予測(BME)シーケンスに関連する。制御回路436は、信号線13に沿って予測制御信号を、信号線11に沿って動きベクトルメモリ制御信号を、12に沿ってフレームメモリ制御信号をそれぞれ出力するように動作する。

ビットレート制御装置326について図50を参照してさらに詳細に説明する。図示したように、ビットレート制御装置326は、量子化パラメータ(QP)調節モジュール440と、目標ピット調節モジュール442とを含む。真理値表444が図示してあり、これでは各ピクチャ形式でのスケーリング倍率Xが量子化パラメータ調節モジュール440で受信したピクチャモード信号PMSの値に応じてどのように変化するかを表わしている。このモジュールは、式 $Q_p = 31X (F/J)$ を計算するためにプログラムされている。この量子化パラメータの式の31ステップを用いることで、5ビットでこれを表わすことができる。バッファ満杯量Fとバッファの大きさJとの比は、どれくらいのビットがバッファ332(図39参照)に関連しているかに応じて0と1の間になる。すなわち0からJまでで、典型的にはJは、ビットレートが約1.5メガバイト/毎秒程度の時に5ピクチャ(250キロバイト)程の符号化に必要な平均ビット数を表わす。

さらに真理値表444を参照して、PMSが値「0」を有する時に、スケーリング倍率 λ が ± 1 フレームに相対することに注意する。PMS信号が「1」の時、スケーリング倍率 X は1.0で、12フレームに関連し、このフレームはこの例では粗く量子化されたフレームである。PMS信号が値「2」を有する場合、スケーリング倍率 X は「1」で、P1フレームに関連する。PMS信号が「3」の時、このスケーリング倍率は3で、P2フレームに関連し、これは幾らか粗く量子化されたフレームである。PMS信号が「4」の時、スケーリング倍率 X は2で、B1フレームに関連する。PMS信号が「5」の時、スケーリング倍率は2で、B1フレームに関連する。またPMS信号が「5」の時、スケーリング倍率 X は2でB2フレームに関連する。目標ビット調節モジュール442は、式 $D_t = X_t T_{gop} / E_{gop}$ を計算するように動作し、これによって図50の実施形態では D_t の式の要素のそれぞれ一つづつ、すなわちピクチャ形式 t についての目標ビット割り当てを定義する。

図31に示したアルゴリズムとの関連で示したBSE-TAMI（2進検索等距離TAMI）の本発明の実施形態は、図39の一般的ハードウェア設定を用いて実現できる。しかし画面変化検出器（SCD）310は、本発明の他の実施形態のために別に設けられるものである。画面変化検出器（SCD）310で必要とする設定を一般化したブロック図が図51に図示してある。フレームメモリ336、GS（GOP構造）生成ユニット344及びSCD制御装置346は、図40の実施形態で前述したとおりである。相違点はフレームメモリ336とGOP構造生成ユニット344の間の2進検索ユニット450の使用に関連する。

2進検索ユニット450の設定を図52にさらに詳細に図示してある。しきい値ユニット452は、検索するフレームの検索領域の中点 m についてしきい値を計算するように動作する。フレームデータは、フレームメモリ336からバスB0に転送されることに注意する。制御ユニット454は、適切なタイミング信号及び2進検索制御信号BSCSを生成するように動作する。制御ユニット454は、画面変化検出器340、342の出力に応じて、出力線D3に0型画面変化と、線C2に沿って0型画面変化のフレーム位置を表わす信号を出力する。検索領域計算ユニット456は、1つのステップから別の関連するアルゴリズムのス

ステップに2進検索を導くための次の検索領域を決定し、図3-1に図示したように反復的に検索を行なう。

TAM 1によるサブバンドビデオ符号化

この分野で、離散的な時刻信号をローパス及びハイパス周波数成分を分離するステップでサブサンプリングすることが広く知られている。この技術は、2つの空間方向のそれぞれでサブサンプリングを適用することによる画像またはビデオフレームの処理にまで拡張されている。適切なハイパス及びローパスフィルタに後続する場合、各空間方向に2の倍数でサブサンプリングすると画像を4つの部分画像に分解することになり、そのそれが元の画像の1/4の量の画素を有することになる。部分画像（サブバンド画像）は、 (L_v, L_h) 、 (L_v, H_h) 、 (H_v, L_h) 及び (H_v, H_h) と標識され、大文字がフィルタの種類を表わし（ H =ハイパス、 L =ローパス）、添字が空間処理方向（ v =垂直、 h =水平）を表わす。サブバンド画像は補間とフィルタ処理で再結合されてこれらを取り出した元の画像を再構成することができる。サブバンド画像のどれか又は全部に対し同じステップの処理を更に実施してより小さいサブバンド画像を作成できる。転送又は記憶システムのアプリケーションを用いれば、一つ一つの異なるサブバンド画像に異なる符号化方法を用いることで周波数選択画像符号化を実現できる。

本発明のさらに別の実施形態において、時間適応型動き補間を有する新規のサブバンドビデオ符号化アルゴリズムを提供する。この実施形態では、動き予測のための基準フレームがビデオ信号の最も低い空間サブバンドにおける時間的セグメンテーションを用い適応的に選択される。ピクチャグループ内の各ピクチャタイプに対する可変目標ビット割り当てを用いることで、一定出力ビットレートの制約をもつ基準フレームの可変数使用が可能となる。ブロック単位でのDPCM、PCM、ランレンジス符号化を丸めハフマン符号化（truncatedHuffman coding）と組み合せて使用し、サブバンド内の量子化データを符号化する。以下に示すように、1型及び0型画面変化のしきい値はフレーム内でサブサンプリングした画素数に直接比例して調節する。適応方式のシミュレーション結果を非適応方式のそれと好適に比較する。

サブバンド符号化は、ATMネットワーク内の優先順位のあるパケット化ビデオに好適な固有の階層化解像度構造を有するとして周知である。ビデオ符号化で別の周知の方法はMPEG標準で最近規格化された動き補償である。サブバンドを使用する時間的な冗長性を減少する法としては、2つの方法に分類することができる。その1つは3D空間-時間サブバンド符号化(3D spatio-temporal subband coding)で、もう1つは動き補償2Dサブバンド符号化(2D subband coding)である。図53に図示した本発明による固定出力ビットレートサブバンドビデオ符号器を実現するに当たって、本発明のサブバンドの実施形態は、後者の方を適用し、動きによる時間的な冗長性を除去する性能の改良を提供する。

Y. Q. ZhangとS. Zafarの論文「カラービデオ圧縮のための動き補償波形変換符号化」、IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 2, No. 3, 285~296ページ、1992年9月に説明されているように、動きベクトルを決定する目的に用いられる周知の動き補償2Dサブバンド符号化システムでは、2ステップのサブバンド分離を使用し、 (L_v, L_h) をローパスフィルタとサブサンプリングの第2ステップで分離する。これによって元の画像の最も低い1/4の水平及び垂直空間周波数成分からなる元の画像の1/16分の1の画素数の低周波サブバンド画像、いわゆる「最低サブバンド」画像を作成する。本発明のサブバンドによる実施形態では、入力ビデオの各ピクチャが両直交フィルタを使用してサブバンドに分解される。動き補償方式では、時間適応型動き補間(TAM)を前述したように使用する。基準フレームの数と基準フレーム間の間隔は、入力ビデオの時間的変動にしたがって調節される。

より具体的には、本発明のサブバンドの実施形態でのアルゴリズムは前述のTAMをわずかに変更したものである。これは、各GOP(グループオブピクチャ)におけるPフレームの可変数を与える変更である。この新規のサブバンドTAMアルゴリズムは、各GOPについて次のステップを取る：

- (1) I型画面変化の位置を検出する。
- (2) O型画面変化の位置を検出する。
- (3) I, P, Bフレーム全部の位置を決定する。

本実施形態では、全ビット割り当てのあるI, P及びBフレームは、I, I, P

1、Bと表わし、減少ビット割り当てしたIフレームはI2、減少ビット割り当てをしたPフレームをP2として、本発明の他の実施形態と同様に標記する。

本発明の他の実施形態すでに説明したように、2種類の画面検出器がアルゴリズムで必要とされる。第1の検出器は、現在のフレーム「_n」と直前フレーム「_{n-1}」の間の距離測定がしきい値T₁以上の場合に現在フレームについて1型画面変化を宣言する。この種の画面変化は、現実の画面内容の変化に対応する。これをI2フレーム（非常に粗く量子化した内部フレーム）として符号化し、直前のフレーム「_{n-1}」をP2フレーム（非常に粗く量子化した予測フレーム）として符号化する。I2フレームの符号化は、前方時間マスキング効果を活用しており、P2フレームの符号化は後方時間マスキング効果を利用する。第2の検出器は、現在のフレームと最後の基準フレームの間の距離測定がしきい値T₀を越える場合に現在のフレームについて0型画面変化を宣言する。この場合直前のフレーム「_{n-1}」はP1フレームになる。

すでに示したように、0型画面変化検出を実行する際の基準フレームの割り当て方法としては、0型画面変化により決定される各時間的セグメントのエンドフレームはP1フレームとし、その間のフレームはBフレームとすべきものである。TAM1アルゴリズムで生成したGOP構造の例は、図8Aと図8Bで既に図示してある。

図53において、TAM1を使用するサブバンド符号化システム460のブロック図が図示してある。マルチ解像度動き予測を使用するTAM1アルゴリズムは、SCD310と動き予測回路462経由で、サブバンド分析モジュール464によるサブバンド分離された後の最も低い空間サブバンドに適用される。動き補償データはそのとき、量子化回路316で量子化され、そして例えばハフマン符号方式を使用したVLCモジュール324で可変長符号化により符号化される。バッファ332は可変速度から一定チャンネルビットレートまで出力符号化データを変換するために必要である。

サブバンドフィルタリングの2つのステップを使用して7種類の空間帯域「1」から「7」を図54に図示したように生成する。この実施形態では、D. Le GallとA. Tabatabaiが論文「対称カーネルフィルタと算術符号

化技術を使用するデジタル画像のサブバンド符号化」(Proc. ICASSP 88, 761 ~ 763 ページ、1988年4月)で教示しているように、フィルタは、ローパス及びハイパス両直交フィルタを使用する分離 2D フィルタである。サブバンド分析では、

$$H_1(z) = \frac{1}{8} (-1 + 2z^{-1} + 6z^{-2} + 2z^{-3} - z^{-4}) \quad (32)$$

$$H_1(z) = \frac{1}{2} (1 - 2z^{-1} + z^{-2}) \quad (33)$$

ローパスフィルタに関する式 (32) の定数項 $1/8$ は、DC 利得 1 を提供するためを選択されたものである。対応する合成ローパス及びハイパスフィルタは、 $G_L(z) = H_L(-z)$ かつ $G_H(z) = -H_L(-z)$ である。これらのフィルタ対は、それぞれが 3 種類のサンプル遅延を有する完全な再構成属性を有している。言い換えれば、

$$\hat{X}(z) = z^{-3} X(z) \quad (34)$$

で簡単に示される。ここで $X(z)$ は入力、 $\hat{X}(z)$ は再構成信号である。

時間的セグメンテーション(画面変化検出)アルゴリズムは、最低のサブバンドに適用され、最低のバンドの減少されたピクチャ寸法である 1/6 の係数によって計算量を減少させることができることになる。

MRME 462 が提供する動き予測のためのマルチ解像度方法について説明する。サブバンドフィルタリング段階に対応する解像度レベルを s に設定する。最大フィルタリング段階を S で表わすこととし、これが図 54 では 2 になっている。図 54 ではバンド (1, 2, 3, 4) で $s = 2$ 、またそれ以外では $s = 1$ である。初期の動きベクトルはバンド 1 でのみ予測され、他のサブバンドの動きベクトルを生成するように次のように伸縮される：

$$\vec{d}_s(x, y) = \vec{d}_1(x, y) 2^{s-2} + \Delta_1(x, y) \quad (35)$$

ここで $d_i(x, y)$ は、解像度レベル i におけるブロック位置 (x, y) での動きベクトルであり、 $d_s(x, y)$ は初期の動きベクトルであり、また $\Delta_i(x, y)$ は縮小した検索領域にある補正動きベクトルである。初期動きベクトル d_s は、ブロックの大きさも 4×4 になっているところの、 4×4 の検索範囲を全検索で予測する。計算シミュレーションにおいて、本発明の発明者は、 $\Delta_i(x, y) = (0, 0)$ に設定した。というのは、補正のためのオーバヘッドビットはデータビットのセービングを上回ることが普通であるからである。

GOP内のP1基準フレーム数を可変とするためには、前述したように基準フレームの適応選択について各GOPの始まりにおいて、可変目標ビット割り当てスキーム(a variable target bit allocation scheme)を更新する。つまり、目標ビット割り当ての方式は、前述の式(30)と同一である。

GOP内で、各ピクチャ形式に対応する目標ビット割り当てもまた、実際のビデオシーケンスの画面変化の複雑さに適応できるように変化させられる。同じピクチャ形式を有する直前のピクチャで生成されたビット数は、目標ビット割り当てとして使用される。1つのフレームについて生成されたビット数が目標ビット数から外れた場合には、次式に従い、次のピクチャのビット割り当てが調整されてビットレートの受け入れ可能な範囲を維持する。

$$D_t = X_t \times \frac{T_{GOP}}{E_{GOP}} \quad (36)$$

ここで t はピクチャ形式で、 $t \in \{I1, I2, P1, P2, B\}$ 、 D_t はピクチャ形式 t での目標ビット割り当て、 X_t はピクチャ形式 t の直前フレームでの生成ビット数、 E_{GOP} は各フレーム形式で生成した最新のビットデータにより計算した予測されるGOPのビットレート、そして T_{GOP} は目標GOPビットレートである。 T_{GOP} は $M (R / 30)$ で計算し、ここで M は GOP の大きさ、また R は目標ビットレート(ビット/秒)である。 E_{GOP} は次式で計算できる：

$$E_{GOP} = \sum_{t \in A_{GOP}} n_t X_t \quad (37)$$

ここで A_{GOP} は現在のGOPで使用される全ピクチャ形式の組、 n_t は GOP 内

のピクチャ形式 t のフレーム数、 X_t は形式 t の直前フレームで生成したビット数又はピクチャが G O P の始めにある場合にピクチャ形式 t での初期ビット割り当てである。

ビットレート制御には他にも 2 つの注意点がある。1 つは実際の符号化ビットを目標ビット割り当てに調節することであり、もう 1 つはバッファ 332 についてバッファのオーバーフロー又はアンダーフローの問題を防止する内容制御を行うことである。これら制御のどちらも次のアルゴリズムで取り扱う。各スライスの終わりで、バッファ 332 の内容は $F = F + S_{gen} - S_t$ により更新する。ここで F はバッファ 332 の内容、 S_{gen} はそのスライスで生成したビット数、 S_t はそのスライスの目標ビット数である。安定したバッファ動作を維持し、フレーム当たりの目標ビット割り当てに近似できるように生成ビットストリームを調整するため、量子化パラメータ Q_p を次の関係を用いてバッファの満杯度にしたがって調節する：

$$Q = 31 \times \frac{F}{J} \quad (38)$$

ここで J は 3 から 5 ピクチャ程度のローデータ (raw data) の量としてみたバッファサイズ、数 31 は 5 ビットで符号化される 31 の異なる非ゼロステップのサイズがあることを意味する。

1 フレームのサブバンド 1 だけにブロック全体の DPCM と均一量子化回路を用いる。DPCM では、上からの垂直予測を図 55 のように用いる第 1 カラムを除き、左からの水平予測を用いる。1 フレームの最も低いサブバンドを除く全てのサブバンドは、ピクチャ形式に関係なく、ハイパスフィルタを通したサブバン

ドも動き補償した残りの画像も僅かな空間的相関しかないと、デッドゾーン量子化回路により PCM (パルス符号変調) で符号化される。水平及び垂直走査モードは、ローパスフィルタ処理した方向にあわせて選択する。つまり、図 56 の水平走査モードはバンド 2 及びバンド 5 (図 54 参照) に使用される。このモードは、デフォルトにより両方向にハイパスフィルタ処理されるバンド 4 及びバンド 7 (図 54 参照) にも使用される。図 57 の垂直モードは、バンド 3 及びバン

ド6に対して使用される（図5-4参照）。

これらの走査モードの選択は、ハフマン符号化と組み合せたランレンジス符号化による統計的冗長性を減少させるのに寄与する。ハフマン符号化テーブルは、テニス、フットボール、フラワーガーデンを含む幾つかのトレーニング画像シーケンスから得られたランレンジスヒストグラムデータに基づいて生成する。丸めハフマン符号化（Truncated Huffman coding）は、符号語の長さを制限するために実際に使用されている。17ビットを越えるビット長を有する符号語エントリは、MPEG標準で定義されている20又は28ビットどちらかの固定長符号語に置き換える。

テニスとフットボールのシーケンスを用いてTAMIアルゴリズムを固定スキームと比較するシミュレーションを行なった。MPEGと同様のPフレームとBフレームでのブロック形式の決定は、 $s = 1$ で 4×4 ブロックサイズ、 $s = 2$ で 8×8 ブロックサイズ、そして動き予測のために半分の画素精度を有するテレスコピック検索を使用する。2つの時間的セグメンテーションアルゴリズムとして、グレーレベルのヒストグラムの差を距離測定に選択した。使用したしきい値は1型検出に $0.25 N_{pix}$ 、0型検出に $0.1 N_{pix}$ で、 N_{pix} は單一フレーム内の画素数である。3色成分全部（Y、U、V）を符号化し、ビットレートの結果は3色の成分についての圧縮データビット、量子化パラメータのビット、動きベクトルビット、ヘッダビットを加算して計算するが、SNR曲線はY成分についてだけである。

図5-8は平均SNRとビットの能力比較の表を示す。TAMIは、固定スキームよりもテニスで0.9dBまたフットボールで0.7dB良好なことが示されている。2つのスキーム間のSNRの差は僅かであるように示されているが、T

AMIは固定スキームより安定したピクチャ画質を有している。TAMIは、例えばズーミングのようなグローバルモーションを検出することによりさらにPフレームを自動的に挿入する。

テニスとフットボールの再構成シーケンスのリアルタイム表示では、TAMIと固定スキームとの画質の差はさらに顕著だった。TAMIの画質は明瞭で、固

定スキームよりブリングが少ないことが示された。

実験により、サブバンド動き補償のための基準フレームの適応選択が主観的画質と客観的測定SNRについて固定スキームよりも有利に比較されることが示された。これと引き替えに、符号化までにGOPフレームで先読みする必要があるためいくらかの符号化遅延が必要とされる。本実施形態は、サブバンドドメインにおいて動き補償を使用し時間的冗長性を除去するための良好な画面適応方式を提供する。

図59において、図53を補完し拡張するブロック図が図示しており、本発明によるサブバンドビデオ符号化の実施形態のためのシステムについてさらに詳細を提供している。図示したシステムは、図39に図示した符号化システムと非常に類似しており、図59においては図39のシステムと同様の部分が同じ参照番号で図示しており、これらの部分は図39で説明したのと同じ機能を提供する。相違点は、図39の動き補償モジュール318がマルチ解像度動き予測モジュール462に置き換えられていることである。マルチ解像度動き予測モジュール462は従来技術で周知であり、前述のY. Q. ZhangとS. Zafarの論文で説明されている。また、図39の離散コサイン変換モジュール322、逆離散コサイン変換モジュール314は、図59のシステムには含まれていない。別の相違点は、図59では走査モードスイッチ321が量子化回路316と可変長符号化モジュール324の間に含まれていることである。走査モードスイッチ321の目的は、各サブバンドの処理のために各種走査モードを切り換えることである。最後に、別の相違点は、サブバンド分析モジュール464が図59のシステムにおいて画面変化検出器310の前に含まれており、図39のシステムでは含まれていないことである。

図53と図59のサブバンド分析モジュール464は、図60にさらに詳細に

図示してある。図示してあるように、サブバンド分析モジュール464は、制御信号CSに応じて、図示したシステムの残りの部分の各種モジュールの全部を制御するために使用するタイミング制御信号TCを出力するためのタイミングコントローラモジュール526を含む。ラインK0で受信したビデオデータは水平ハ

イパスフィルタ500を通り、水平ローパスフィルタ502を通過する。水平ハイパスフィルタ500の出力はサブサンプリングモジュールまたはデシメータまたはダウンサンプラー505を通過し、従来技術で周知のように、フィルタリングステップの後で冗長なデータサンプルを1つおきに除去する。サブサンプリングしフィルタを通したビデオデータは垂直ハイパスフィルタ504と垂直ローパスフィルタ506をそれぞれ通過し、これらのそれぞれの出力はサブサンプリングモジュール505を通過して、それぞれ「バンド7」と「バンド6」と標記した出力線経由でフィルタしたサブバンドデータを提供する。

水平ローパスフィルタ502からのフィルタを通ったビデオデータは、サブサンプリングモジュール505を通過し、垂直ハイパスフィルタ508と垂直ローパスフィルタ510の両方に入力データとして提供される。垂直ハイパスフィルタ508からのフィルタを通ったビデオ出力データはサブサンプリングモジュール505を通り、「バンド5」と標記した出力線にビデオサブバンドデータとして出力される。

垂直ローパスフィルタ510からのフィルタを通った出力データは、サブサンプリングモジュール505を通り、水平ハイパスフィルタ514と水平ローパスフィルタ516の両方に入力ビデオデータとして供給される。水平ハイパスフィルタ514からのフィルタビデオ出力データはサブサンプリングモジュール505を通り、垂直ハイパスフィルタ518と垂直ローパスフィルタ520の両方に入力ビデオデータとして提供され、これらの出力それがそれぞれサブサンプリングモジュール505を通り、それぞれ「バンド4」、「バンド5」として示したサブバンドラインへ渡される。

水平ローパスフィルタ516からのフィルタビデオ出力データはサブサンプリングモジュール505を通り、ここから垂直ハイパスフィルタ522と垂直ローパスフィルタ524それぞれにフィルタ入力ビデオデータとして提供される。それ

ぞれの出力はサブサンプリングモジュール505を通り、ここからサブバンドライン「バンド2」と「バンド1」にそれぞれ出力される。破線で示した領域499に囲まれた前述した水平及び垂直のハイパス及びローパスフィルタの全部は

すでに示したように、2重フィルタリングを提供するための周知のサブバンドフィルタリングシステムを表わす。本発明の発明者は、サブバンドライン「バンド1」から「バンド7」それぞれからのサブバンドデータを受信するためのマルチプレクサ512を追加した。多重化した出力データはマルチプレクサ512からの出力線A0を経由して図59に図示したように画面変化検出器310に入力データとして接続するために提供される。

本発明の各種実施形態について本明細書で図示し説明したか、本発明による実施形態はそれらに限定されるものではない。これらの実施形態に対して、添付の請求の範囲の精神と範囲に含まれる幾多の変更が可能であることが当業者には理解されよう。

図面翻訳文

図番

原文	翻訳文
----	-----

図2B

CONTRAST SENSITIVITY	コントラスト感度
— SPACIAL FREQ. = 0.5 CYCLE/SEC	— 空間周波数 0.5 サイクル/秒
… SPACIAL FREQ. = 0.5 CYCLE/SEC	… 空間周波数 1.6 サイクル/秒

図4

ステップ101	1つのG O Pからマイクロプロセッサ内に含まれる関連フレームメモリへフレームを読み込む
ステップ102	<ul style="list-style-type: none"> 画面セグメントデータ f_c を 11 フレームとする 画面セグメントデータ f_{c-1} をフレーム基準メモリ f_{r-1} に複写する 第1フレームのピクチャ番号 c を 1 とする
ステップ103	現在フレーム f_c とその直前にある基準フレーム f_{r-1} の間の間隔又は動き D が 1 型画面変化のしきい値 T_1 より大きいか否か比較する
ステップ104	<ul style="list-style-type: none"> P1 フレームの数を 0 とする 現在フレーム f_c と最後の基準フレーム f_{r-1} の間で測定した間隔又は相対的な動き D がしきい値 T_2 より大きいか否かを比較する
ステップ105	ピクチャ番号 c を参照して現在処理実行中のG O Pの15番目のフレームの処理が実行されているかを調べる
ステップ106	<ul style="list-style-type: none"> 現在フレーム f_c を 12 フレームとする 直前にある基準フレーム f_{r-1} を P2 フレームとする
ステップ107	現在のフレームデータ f_c を最後の基準フレームデータ f_{r-1} に複写する

(図4の続き)

ステップ108	直前にある基準フレーム f_{c-1} をP1フレームとする
ステップ109	・基準フレーム f_{c-1} を最後の基準フレーム f_{c-1} に複写する ・P1フレームのカウント値を1インクリメントする
ステップ110	ピクチャ番号を1インクリメントし、次のフレームに進む
ステップ16	GOP構造を決定する

図6

<input type="checkbox"/> CURRENT MACRO BLOCK POSITION IN FRAME 3 <input type="checkbox"/> (点線表示) MATCHED MACRO BLOCK POSITION IN FRAME 0	<input type="checkbox"/> フレーム 3 での現在のマクロブロックの位置 <input type="checkbox"/> (点線表示) フレーム 0 での対応するマクロブロックの位置
\rightarrow (点線表示) MV IN THE PREVIOUS FRAME=OFFSET MV \rightarrow ADJUSTING MV FROM THE OFFSET CURRENT TRUE MV \rightarrow MV ESTIMATE FOR THE CURRENT FRAME	\rightarrow (点線表示) 現在のフレームの動きベクトル=オフセット動きベクトル \rightarrow 現在のオフセット動きベクトルに基づいてモーションベクトルを調整 \rightarrow 動きベクトルが現在のフレームを予測

図8AB

FRAME NUMBER CODING PICTURE TYPE	・フレーム番号 ・符号化するピクチャの形式
SCENE CHANGE TYPE=0 DEFAULT INSERTION OF P1 FRAME FOR 1-P SCHEME SCENE CHANGE TYPE=1	・0型画面変化 ・1-P方式でのP1フレームを挿入するデフォルト ・1型画面変化

図10

ステップ104	現在フレーム f_c と最後の基準フレーム f_{c-1} の間で測定した間隔又は相対的な動き D がしきい値 T ₀ より大きいか否かを比較する
---------	------------------------------------------------------------------------------------------

図11

ステップ61	GOPフレーム群をメモリに読み込む
ステップ62	2つの隣接フレーム間の間隔測定値を用いて1型画面変化を検出する
ステップ63	FOR($1 \leq i \leq (GOP-1)$)
ステップ64	FOR($(i+1) \leq j \leq GOP$)
ステップ65	i 番目の区間の間隔を計算
ステップ66	GOPの大きさMと偏差devを計算
ステップ68	P1フレームをiとjとに割り当てる
ステップ70	GOP構造を決定する

図12

P1 FOUND BY OSA SCENE CHANGE TYPE=1	OSAによりP1フレームを検出 1型画面変化
----------------------------------------	---------------------------

図13

DIRECTION OF TELESCOPIC SEARCH	テレスコピック動き予測による検索方向
--------------------------------	--------------------

図14, 23, 25, 28

FRAME NUMBER SNR	・フレーム番号 ・S/N比
---------------------	------------------

図15～図19, 23

FRAME NUMBER BIT RATE	・フレーム番号 ・ビットレート
--------------------------	--------------------

図20～22

STATISTICS TARGET BITS AVARAGE BITS USED AVARAGE SNR(Y) AVARAGE SNR(U) AVARAGE SNR(V)	・統計表 ・目標ビット数 ・平均使用ビット数 ・平均S/NR(Y) ・平均S/NR(U) ・平均S/NR(V)
------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------

図24

FRAME NUMBER DISTANCE	・フレーム番号 ・距離
--------------------------	----------------

図 29 (a) (b) (c)

IMAGE MOVEMENT REGION AT BUSY TEMPORAL ACTIVITY REGION AT LOW TEMPORAL ACTIVITY P FRAMES ARE CLOSER BECAUSE THERE IS MORE DATA CHANGE P FRAMES ARE PLACED APART BECAUSE THERE IS LESS DATA CHANGE THRESHOLD (TYPE 0) FRAME DISTANCE FRAME NUMBER EQUIDISTANT FRAME DISTANCE CODING PICTURE TYPE	<ul style="list-style-type: none"> 画像の移動 時間的に活動の多い領域 時間的に活動の少ない領域 データ変化が多いため P フレームどうしが近接している データ変化が少ないため P フレームどうしが離れている しきい値 (0型) フレーム間距離 フレーム番号 等間隔のフレーム間距離 ピクチャの符号化形式
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

図 30

DISTANCE FRAME NUMBER	<ul style="list-style-type: none"> 間隔 フレーム番号
--------------------------	----------------------------------------------------------------------

図 31

ステップ 1 3 3	<ul style="list-style-type: none"> 初期しきい値 τ_0 を取り出す $a_0 = a(\tau_0)$ を計算する。
ステップ 1 3 8	<ul style="list-style-type: none"> S S P D E T (N, m) の実行 $a(m)$ を計算

図 32

ステップ 1 5 1	画面変化の検出
ステップ 1 5 2	I I ピクチャ符号化
ステップ 1 5 3	C P I C I が G O P の第 1 フレームに 対応する時点を決定する
ステップ 1 5 4	$i = 0$ に初期設定
ステップ 1 5 5	符号化アルゴリズムによりデータ処理
ステップ 1 5 6	画面セグメント「i」のインデックス を 1 インクリメントする
ステップ 1 5 7	インデックス「i」が画面セグメント 個数 (S C N U M) よりも小さいか否 かを比較
ステップ 1 5 8	ピクチャ番号を 15 インクリメントする
ステップ 1 5 9	次に処理する G O P の画面変化を検出

〔図32の続き〕

ステップ160	CPICIをLPNと比較
---------	--------------

図33

ステップ170	GOPフレームをメモリに読み込む
ステップ171	Pフレームカウンタ、画面変化検出器を初期化
ステップ172	・画面変化インデックスを2に設定 ・PNSCFを0に設定 ・画面変化インデックスを1インクリメントする
ステップ173	・画面セグメントデータを f_0 をフレーム基準メモリ $[..]$ に複写する ・現在のピクチャ番号カウンタを1に設定する
ステップ174	・現在フレーム f_0 と直前の基準フレーム f_{-1} の間の間隔又は動きが1型画面変化のしきい値 T_1 より大きいか否かを判断する
ステップ175	・Pフレームのカウント値を0に設定する ・現在フレーム f_0 と直前の基準フレーム f_{-1} との間の間隔又は動きが0型画面変化のしきい値 T_0 より大きいか否かを判断する
ステップ176	現在処理しているGOPの終端のフレームに達しているか否かを判断
ステップ177	・次のフレームの処理を行う (ピクチャ番号を1インクリメントする)
ステップ178	・画面変化インデックスを1に設定する ・PNSCFのピクチャ番号cを識別する ・PNSCLのピクチャ番号c-1を識別する ・画面変化インデックスを1インクリメントする
ステップ179	・現在フレーム f_0 のフレームデータを基準フレーム f_{-1} に複写する

(図3-3の続き)

ステップ180	<ul style="list-style-type: none"> 画面変化インデックスを0に設定する PNSCFのピクチャ番号cを識別する PNSCLのピクチャ番号c-1を識別する
ステップ181	COND. A
ステップ182	Pフレームのカウント値を1インクリメントする
ステップ183	<ul style="list-style-type: none"> 画面変化インデックスを1インクリメントする 「」のフレームデータを「」に複写する
ステップ184	次のGOPの処理を実行する

図3-4 A, B

ステップ200	$DP->pcount > 0$ $D(f_{ref}, f_c) > T_0$
ステップ201	$c \bmod (GOP/N+1) = 0$
ステップ202	$DP=DP+1$
ステップ203	$c < GOP$ $c \bmod (GOP/N+1) = 0$
ステップ204	<ul style="list-style-type: none"> 画面変化インデックスを2に設定する PNSCFのピクチャ番号cを識別する PNSCLのピクチャ番号c-1を識別する 画面変化インデックスを1インクリメントする
ステップ205	現在フレーム「」のフレームデータを基準フレーム「」に複写する

図36A

ステップ260	NP1フレームのカウント値を0に設定する
ステップ261	1型画面変化が発生したか否か判断
ステップ262	現在のピクチャ番号PNを画面セグメントのi番目のフレームのピクチャ番号と等しくする
ステップ263	ピクチャ番号がGOPの最終フレームを表すか否かを判断
ステップ264	I1フレームの符号化
ステップ265	PNSCF[i]=PNSCL[i]
ステップ266	処理中の画面セグメントの最終フレーム番号にピクチャ番号を設定する
ステップ267	現在処理中のフレームのピクチャ番号がGOPの最フレームに位置しているか否か判断
ステップ268	MEPの実行
ステップ269	MPEG標準に基づく予測処理
ステップ270	次画面が1型画面変化を有するか、既にP1フレームが検出されているか判断
ステップ271	P1フレーム符号化
ステップ272	P1フレームのカウント値を1インクリメント
ステップ273	0型画面変化を検出
ステップ274	現在の画面セグメントの第1ピクチ番号を1デクリメントする
ステップ275	I2フレームの符号化
ステップ276	Bフレームについてテレスコピック動き予測を実行
ステップ277	I1フレーム符号化
ステップ278	P2フレーム符号化

図36B

ステップ280	第1フレームのピクチャ番号に現在ピクチャ番号を設定する
ステップ281	フレーム補間処理
ステップ282	P1フレーム数が0かを判断する
ステップ283	B2フレーム符号化
ステップ284	B1フレーム符号化
ステップ285	現在のピクチャ番号が画面セグメントの最終フレームのピクチャ番号より小さいか比較する

図37

ステップ290	現在のフレーム番号を1インクリメントされた1画面セグメントのピクチャ番号に送出する
ステップ291	前方動きベクトル検索を実行
ステップ292	現在のフレーム番号を1インクリメントする
ステップ293	現在のフレームが最終フレームのピクチャ番号より小さいかを判断する
ステップ294	現在のフレーム番号を1デクリメントされた最後の画面セグメントのピクチャ番号に設定する
ステップ295	後方動き予測を実行
ステップ296	現在のフレーム番号を1デクリメント
ステップ297	現在のフレーム番号が第1フレームの画面セグメントの第1フレームに対するピクチャ番号より大きいか判断

図38

ステップ300	現在のフレーム番号を1インクリメントされた画面セグメントのピクチャ番号に送出する
ステップ301	前方動きベクトル検索を実行
ステップ302	現在のフレーム番号を1インクリメントする
ステップ303	現在のフレームが最終フレームのピクチャ番号より小さいかを判断する
ステップ304	現在のフレーム番号を1デクリメントされた最後の画面セグメントのピクチャ番号に設定する
ステップ305	後方動き予測を実行
ステップ306	現在のフレーム番号を1デクリメント
ステップ307	現在のフレーム番号が第1フレームの画面セグメントの第1フレームに対するピクチャ番号より大きいか判断

図39

VIDEO IN CS PMS MV	・ビデオ画像入力 ・制御信号 ・ピクチャモード信号 ・動きベクトルビット
-----------------------------	-----------------------------------------------

図40

SCDCS FRAME OUTPUT PMS	・画面変化検出回路制御信号 ・フレーム出力信号 ・ピクチャモード信号
------------------------------	------------------------------------------

図41

PREVIOUS REFERENCE FRAME CURRENT FRAME HISTOGRAM DIFFERENCE	・直前の基準フレーム ・現在のフレーム ・ヒストグラム差
-------------------------------------------------------------------	------------------------------------

図42

DISTANCE THRESHOLD TYPE1 DETECTION SIGNAL	・距離又は動き信号 ・1型しきい値信号T ₁ ・1型画面変化検出信号
-------------------------------------------------	-----------------------------------------------------

図4 3

THRESHOLD DISTANCE TYPE1 DETECTION SIGNAL	・しきい値信号T ₀ ・距離又は動き信号 ・1型画面変化検出信号
-------------------------------------------------	---------------------------------------------------

図4 4

TYPE 0 POSITION TYPE 1 POSITION PMODE MEMORY CONTROL PMODE READ	・0型画面変化位置 ・1型画面変化位置 ・PMODE制御信号 ・PMODEリード信号
--------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------

図4 5

PMODE MEMORY CONTROL PMODE READ FRAME MEMORY PMS FRAME OUTPUT	・PMODE制御信号 ・PMODEリード信号 ・フレームメモリ ・ピクチャモード信号 ・フレームデータ出力
---------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

図4 6

MSC PMS MV	・モードスイッチ制御信号 ・ピクチャモード信号 ・動きベクトル信号
------------------	-----------------------------------------

図4 8

CURRENT FRAME REFERENCE FRAME	・現在フレーム ・基準フレーム
----------------------------------	--------------------

図4 9

MV MEMORY CONTROL FRAME MEMORY CONTROL FME SEQUENCE BME SEQUENCE ESTIMATOR CONTROL SIGNAL	・動きベクトルメモリ制御信号 ・フレームメモリ制御信号 ・前方動き予測シーケンス ・後方動き予測シーケンス ・予測制御信号
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------

図5 1

SCDCS PMS FRAME OUTPUT	・画面変化検出回路制御信号 ・ピクチャモード信号 ・フレームデータ出力
------------------------------	-------------------------------------------

図5 2

BSGS	・2進検索制御信号
------	-----------

図59

VIDEO IN	・ビデオ画像入力
CS	・制御信号
PMS	・ピクチャモード信号
MV	・動きベクトルビット

図60

TC	・タイミング制御信号
CS	・制御信号

【図1】

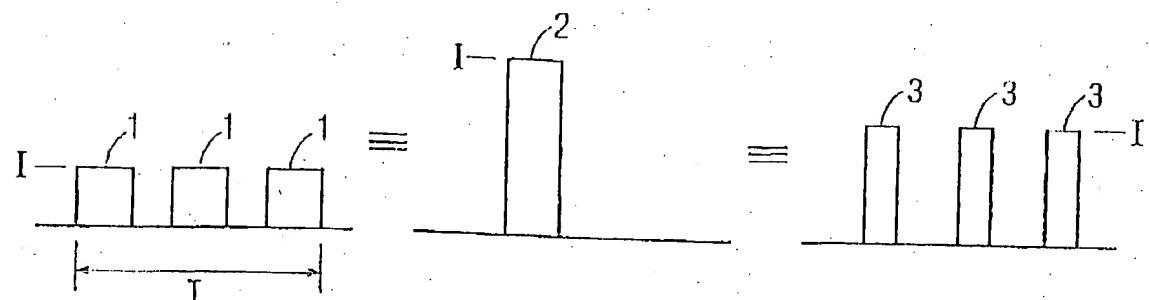


FIG. 1

【図5】

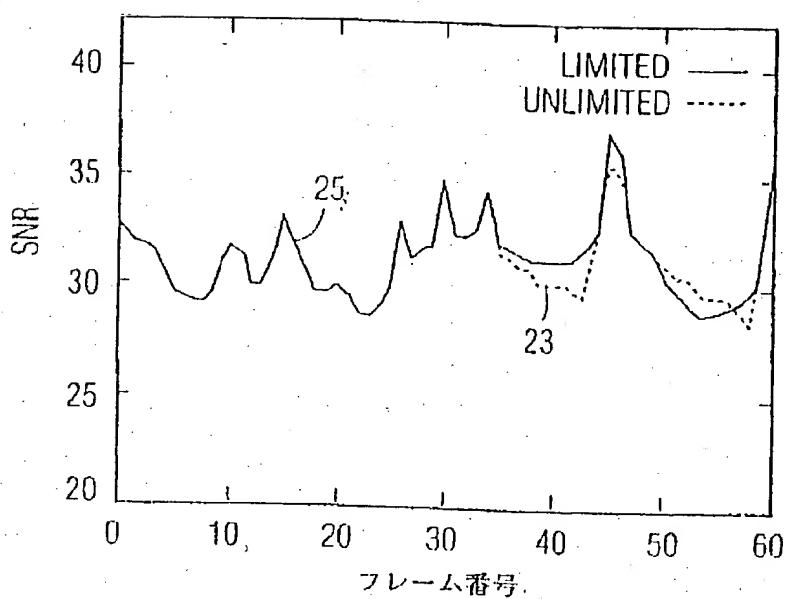


FIG. 5

【図2】

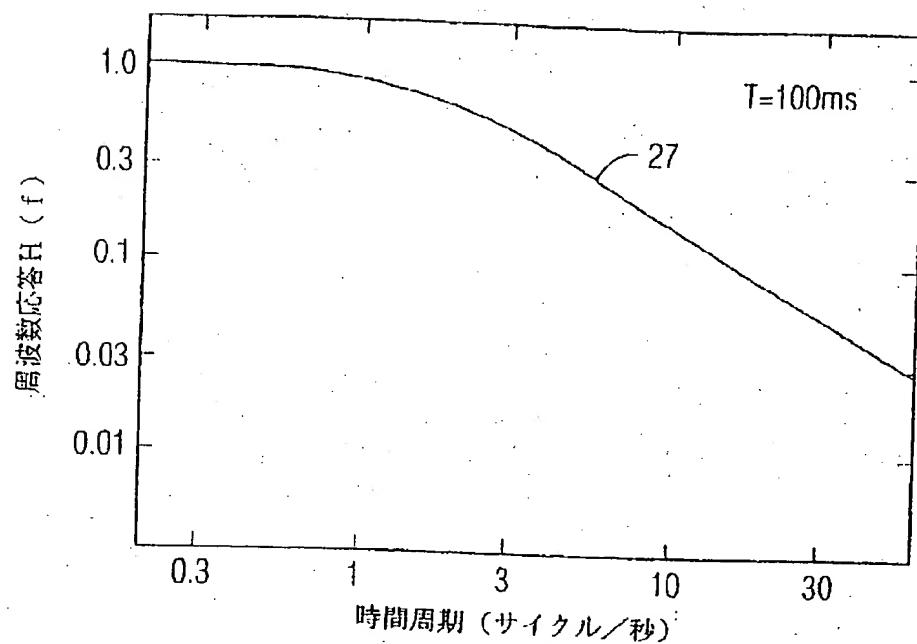


FIG. 2A

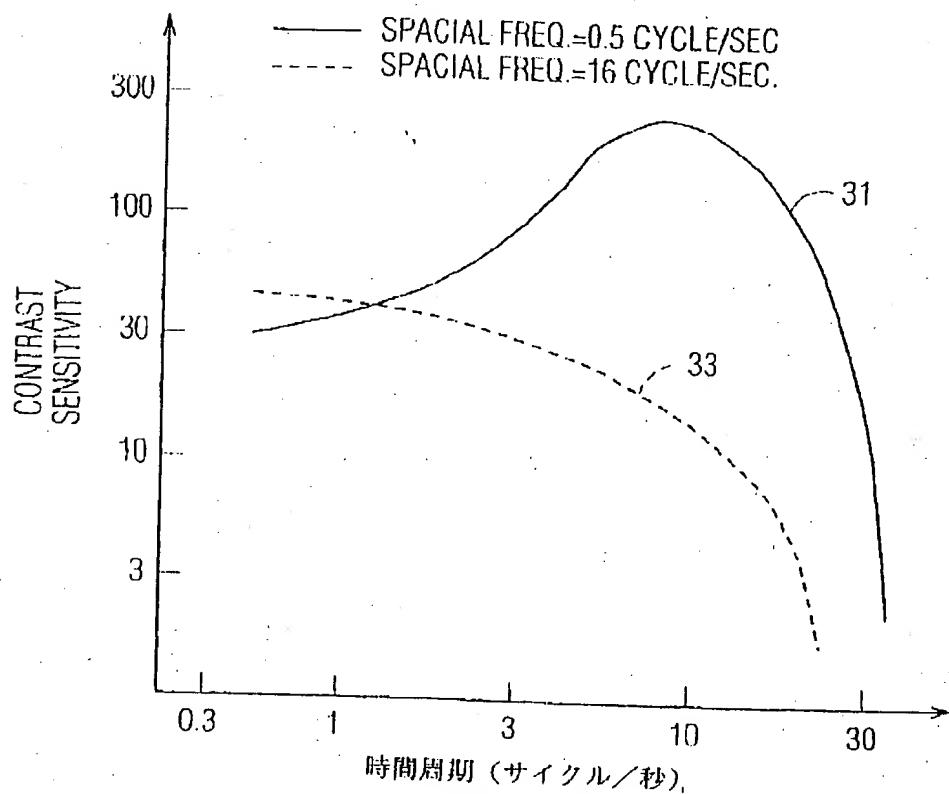


FIG. 2B

【図3】

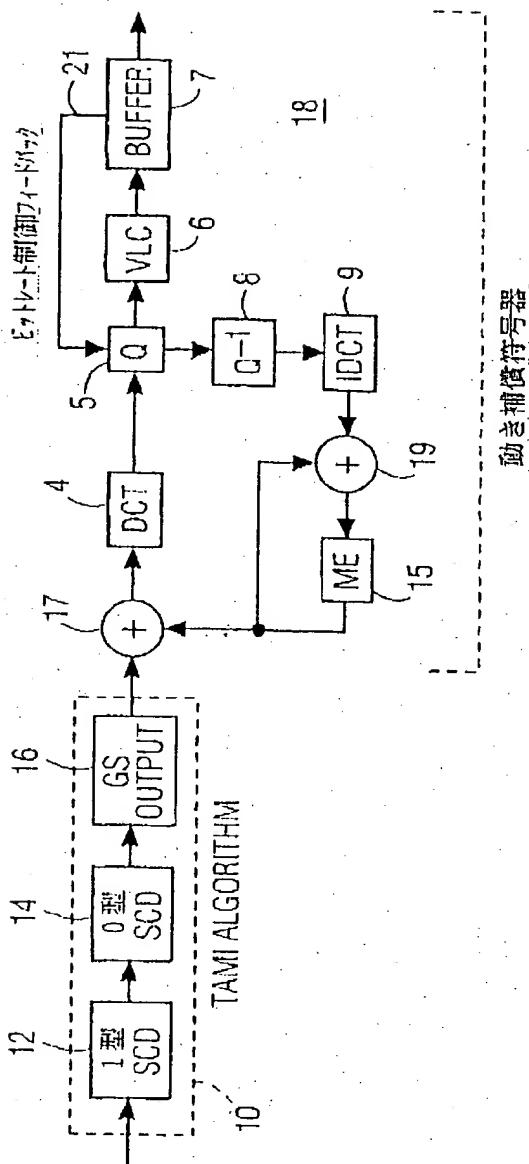


FIG. 3

【図4】

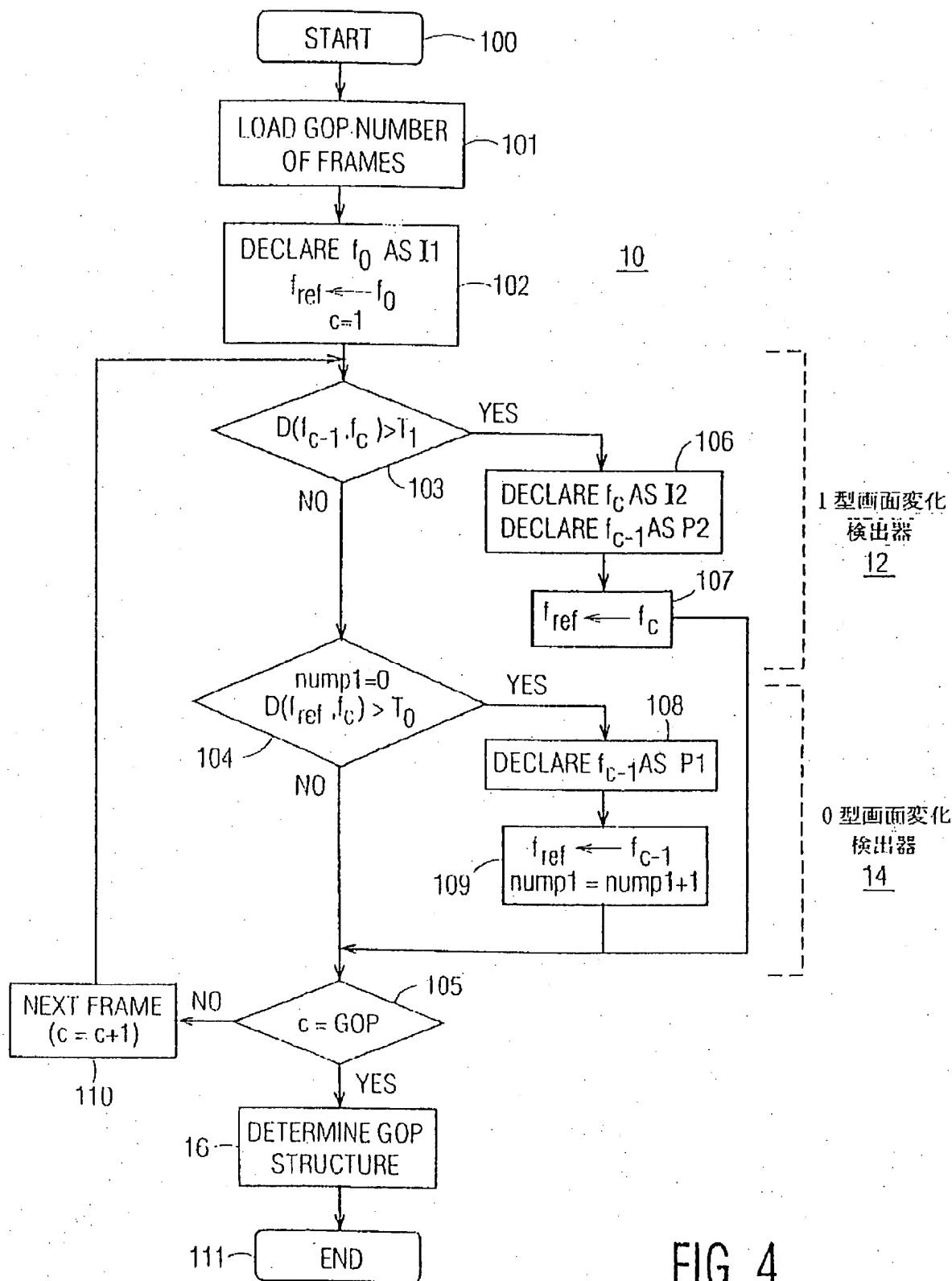


FIG. 4

[図6]

- MV IN THE PREVIOUS FRAME=OFFSET MV
- ADJUSTING MV FROM THE OFFSET FOR THE CURRENT TRUE MV
- MV ESTIMATE FOR THE CURRENT FRAME

CURRENT MACRO BLOCK POSITION IN FRAME 3
 MATCHED MACRO BLOCK POSITION IN FRAME 0

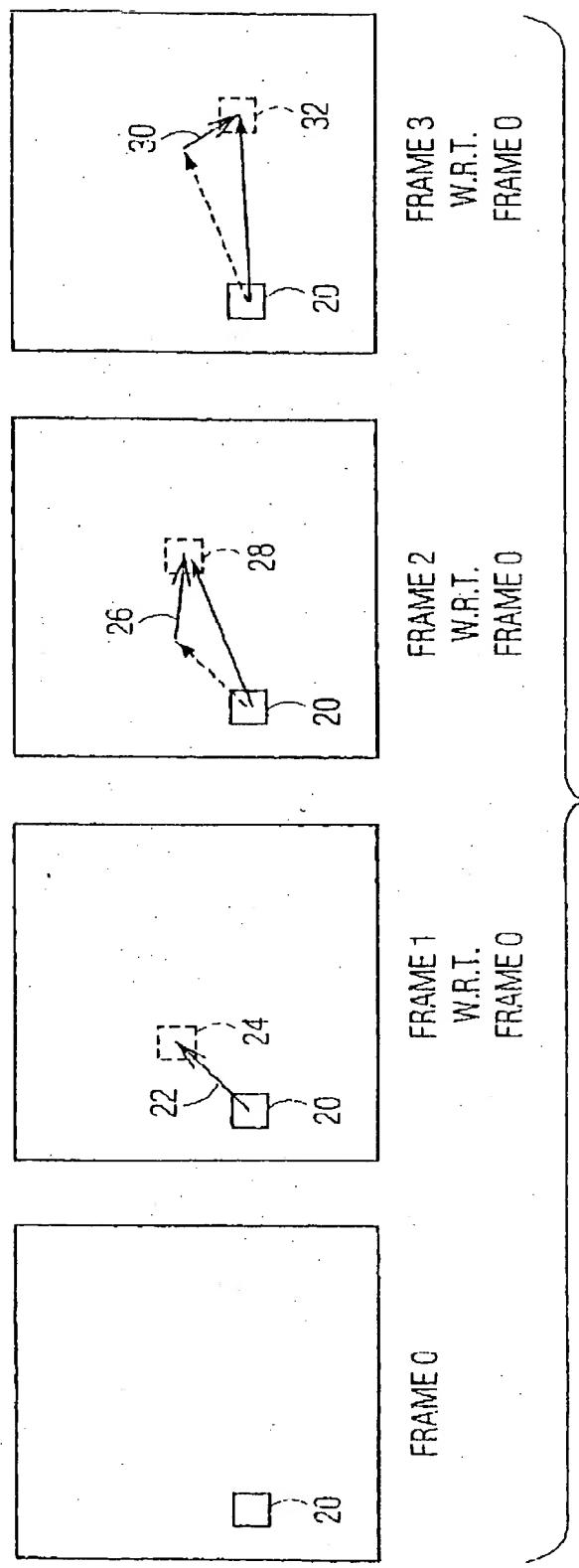


FIG. 6
PRIOR ART

【图7】



FIG. 7A

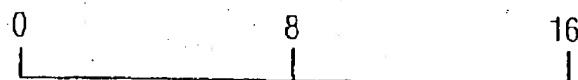


FIG. 7B



FIG. 7C

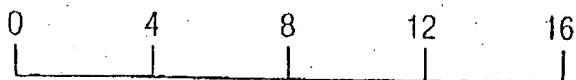


FIG. 7D

【図8】

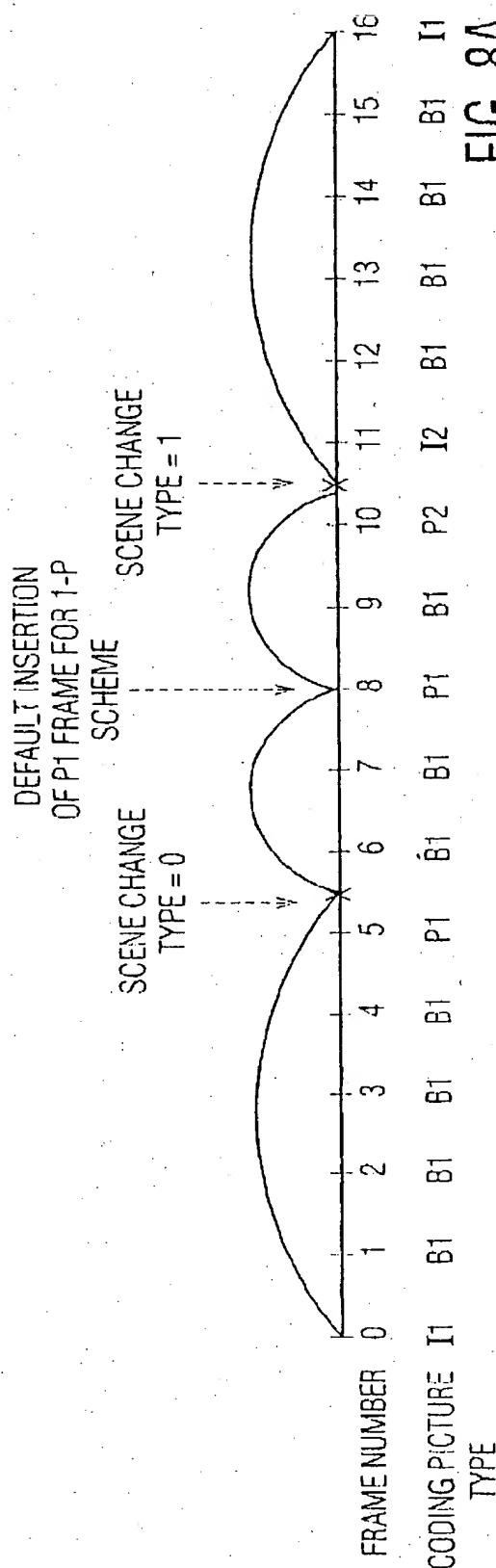


FIG. 8A

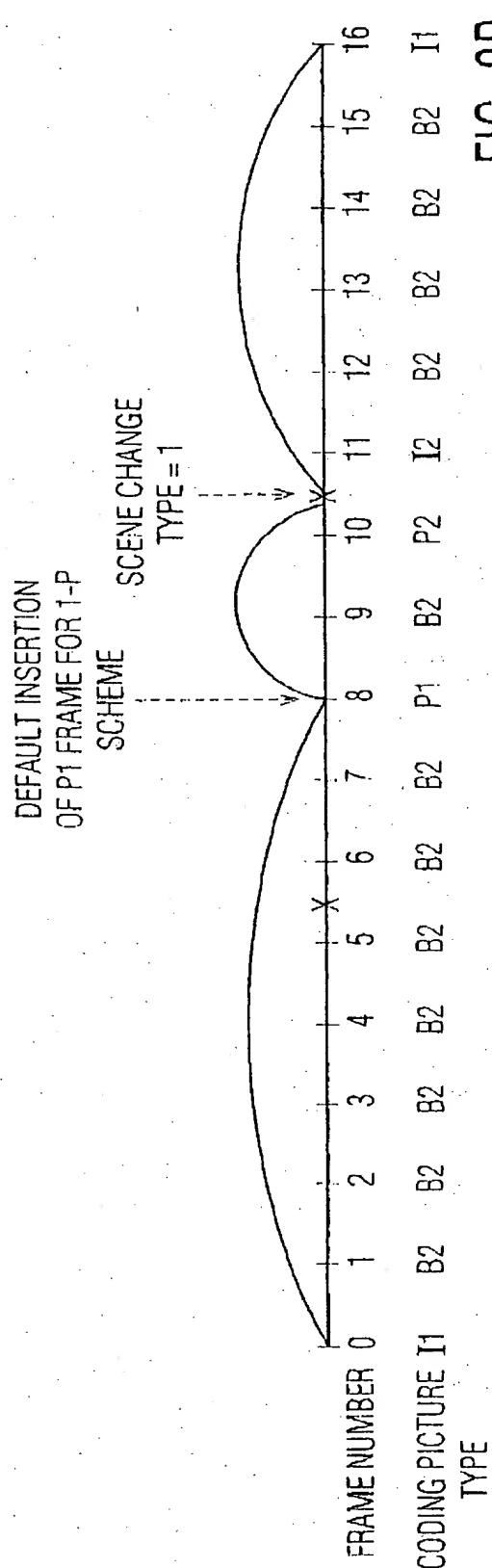


FIG. 8B

[図9]

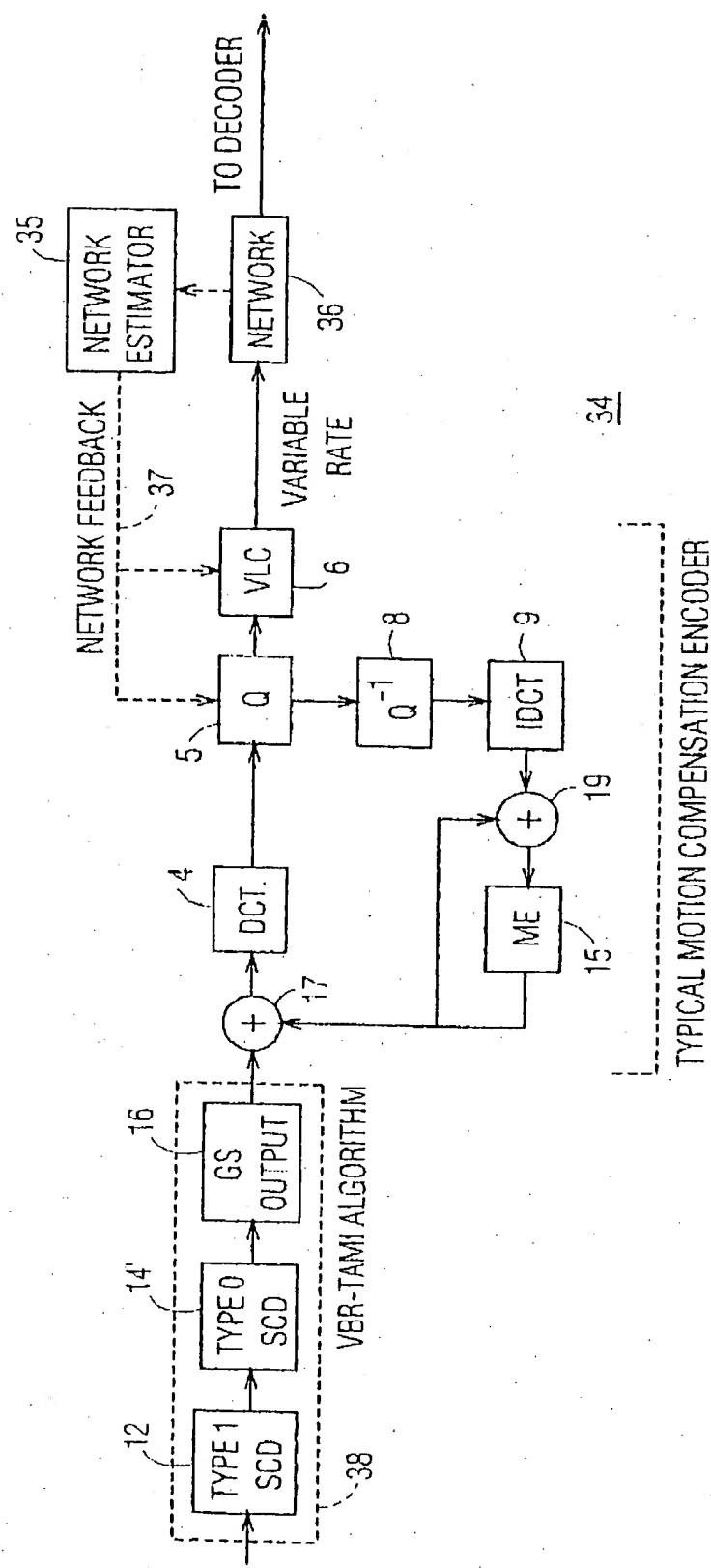


FIG. 9

TYPICAL MOTION COMPENSATION ENCODER

【図10】

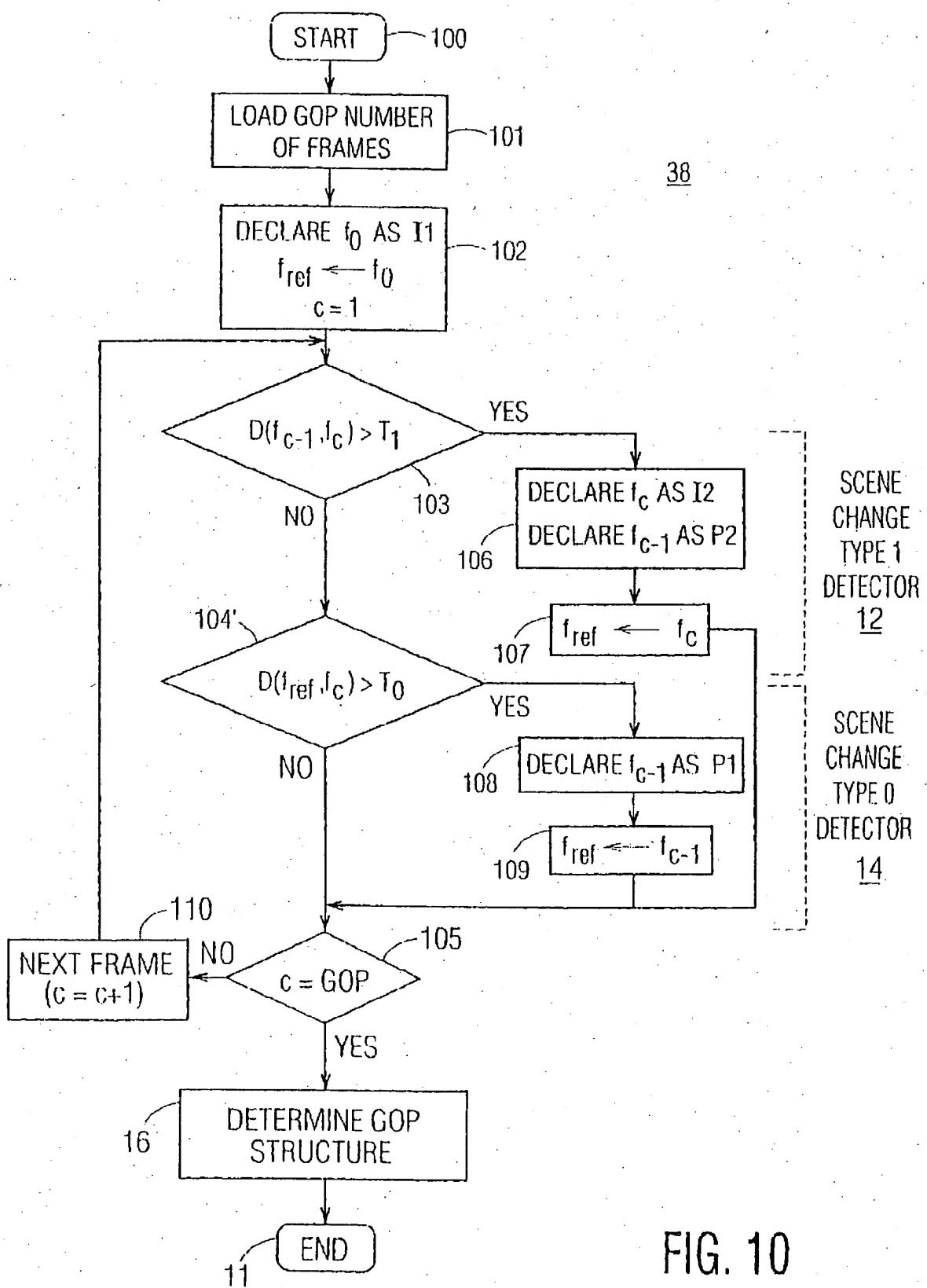


FIG. 10

【図11】

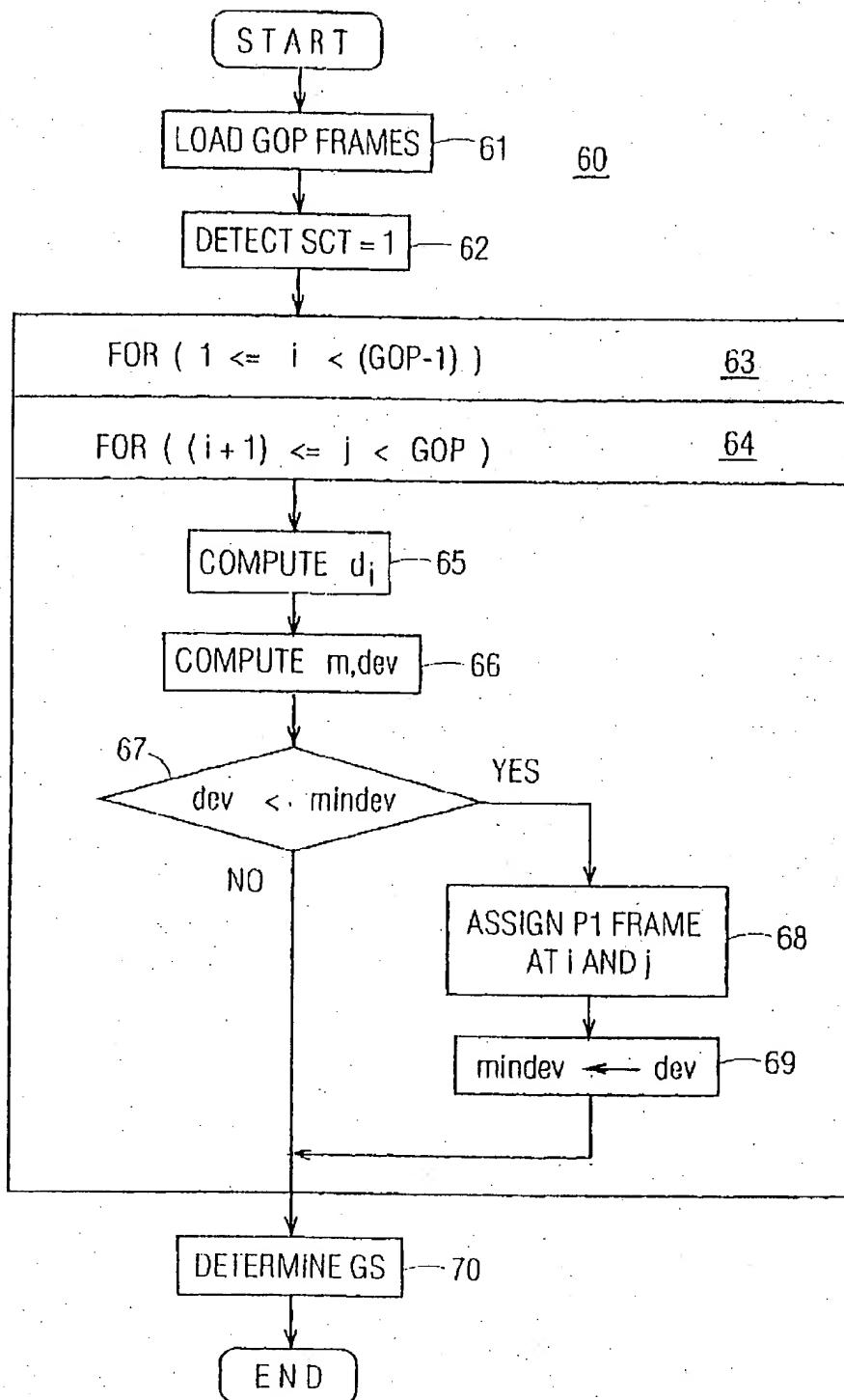


FIG. 11

[図 12]

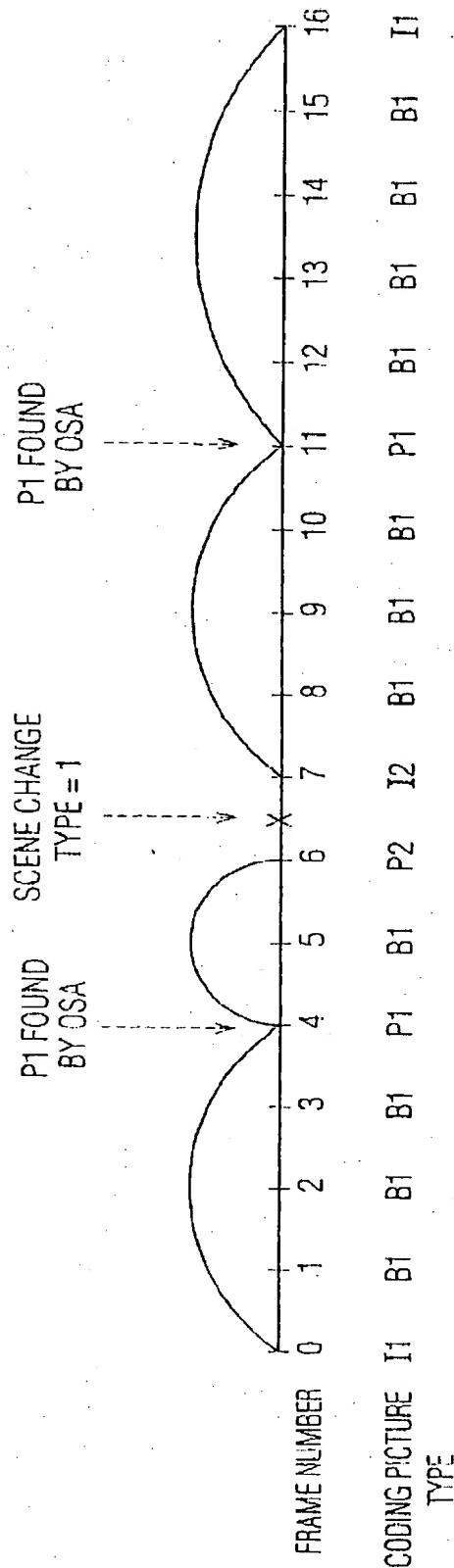


FIG. 12

【図13】

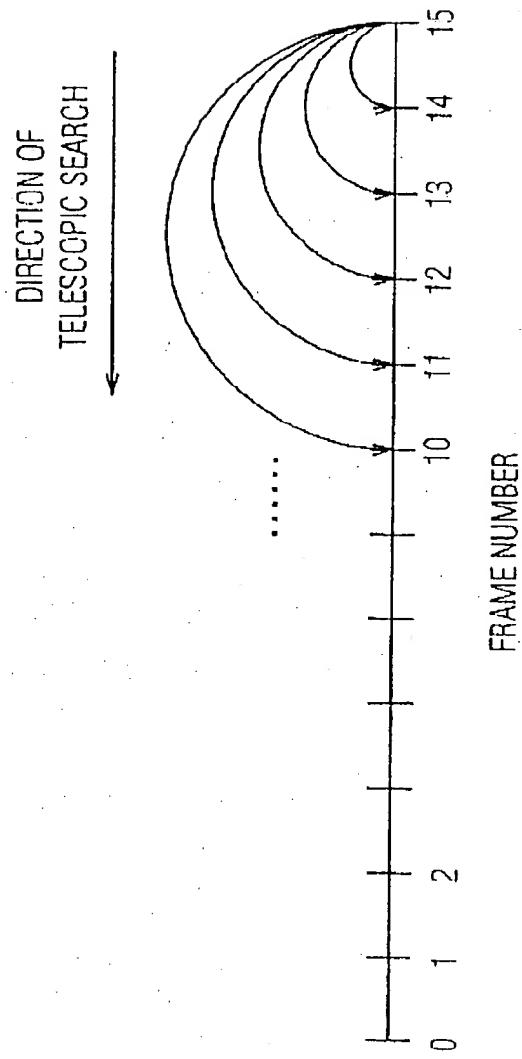


FIG. 13
(PRIOR ART)

【図14】

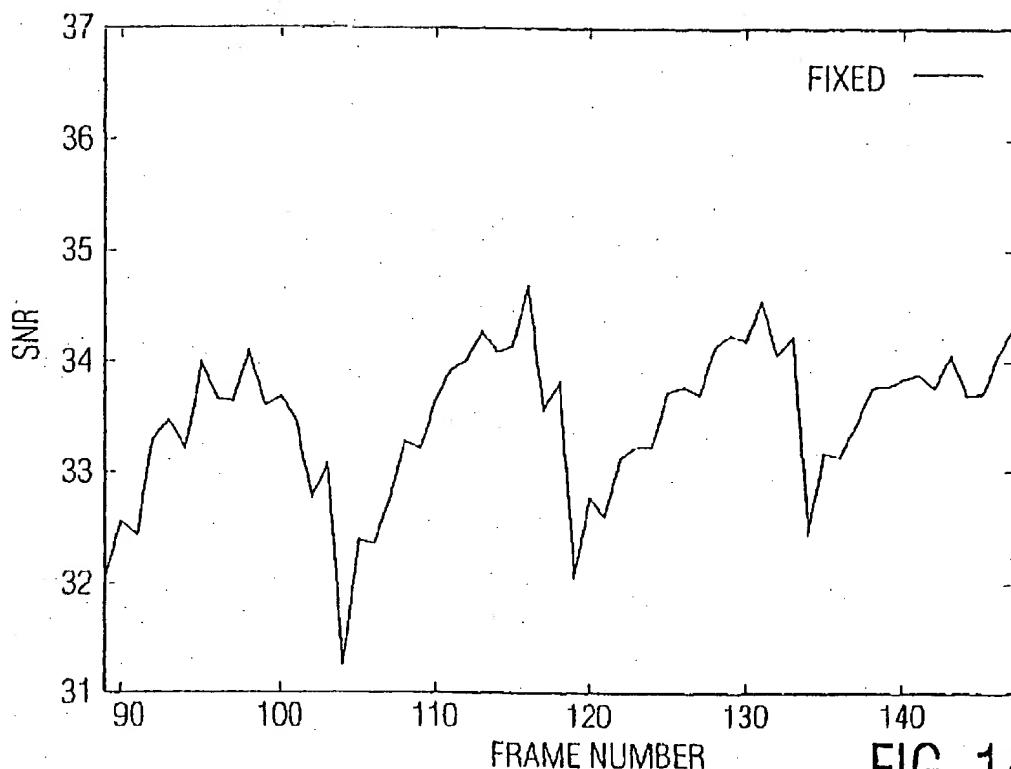


FIG. 14(a)

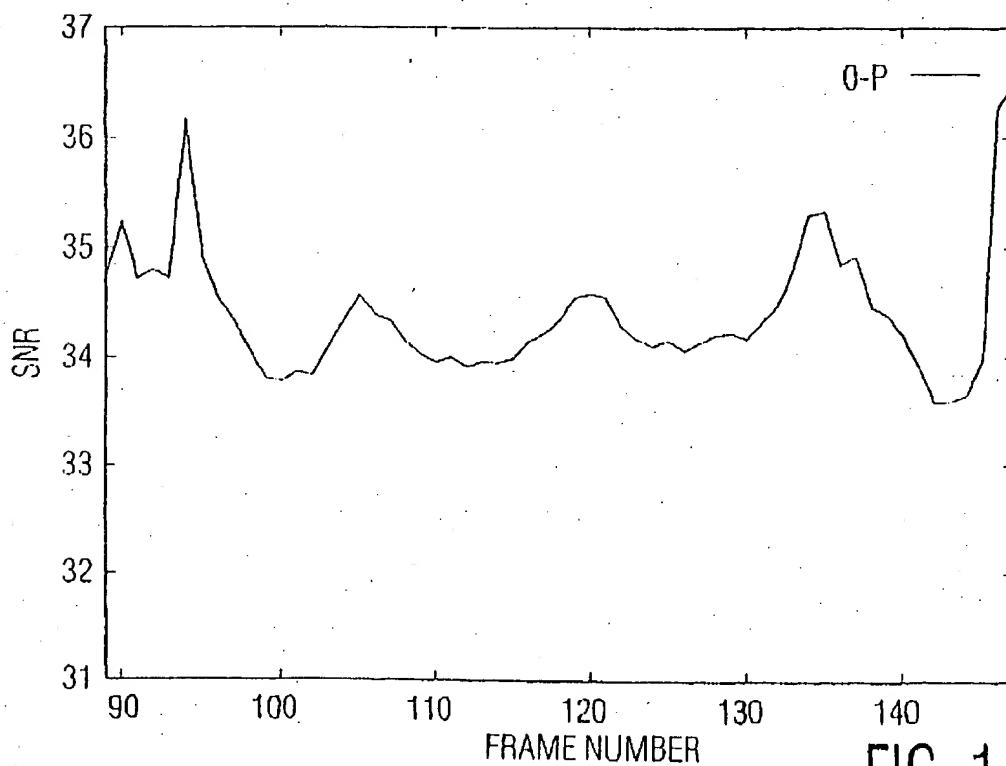


FIG. 14(b)

【図14】

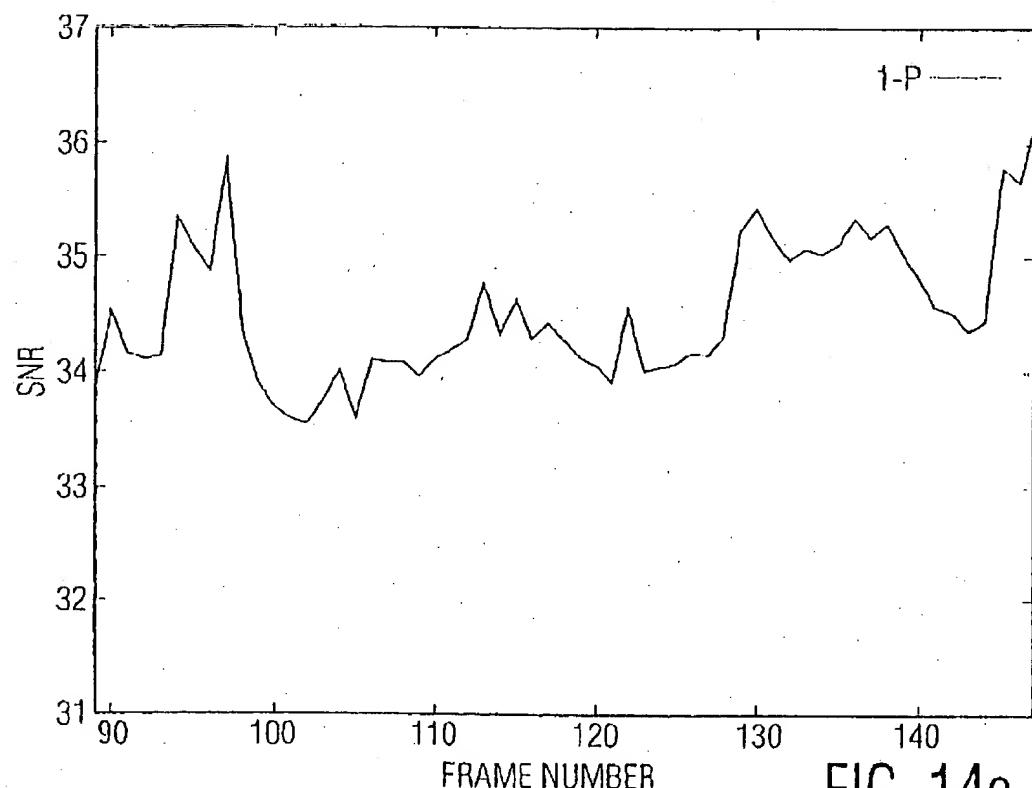


FIG. 14c

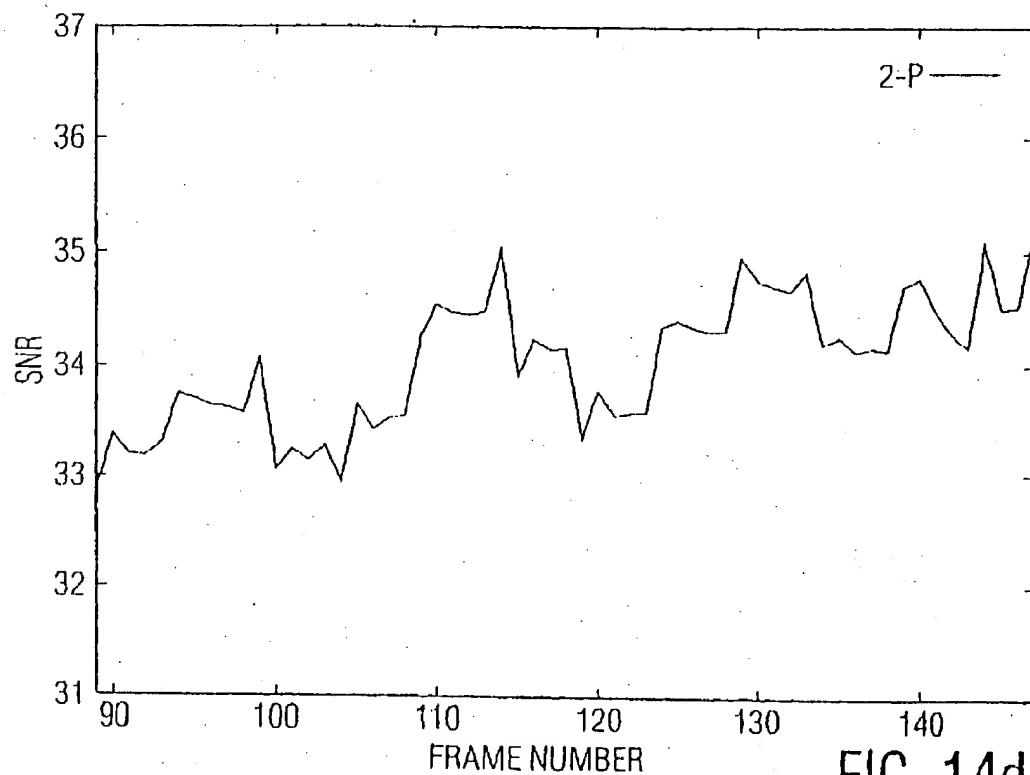


FIG. 14d

【図14】

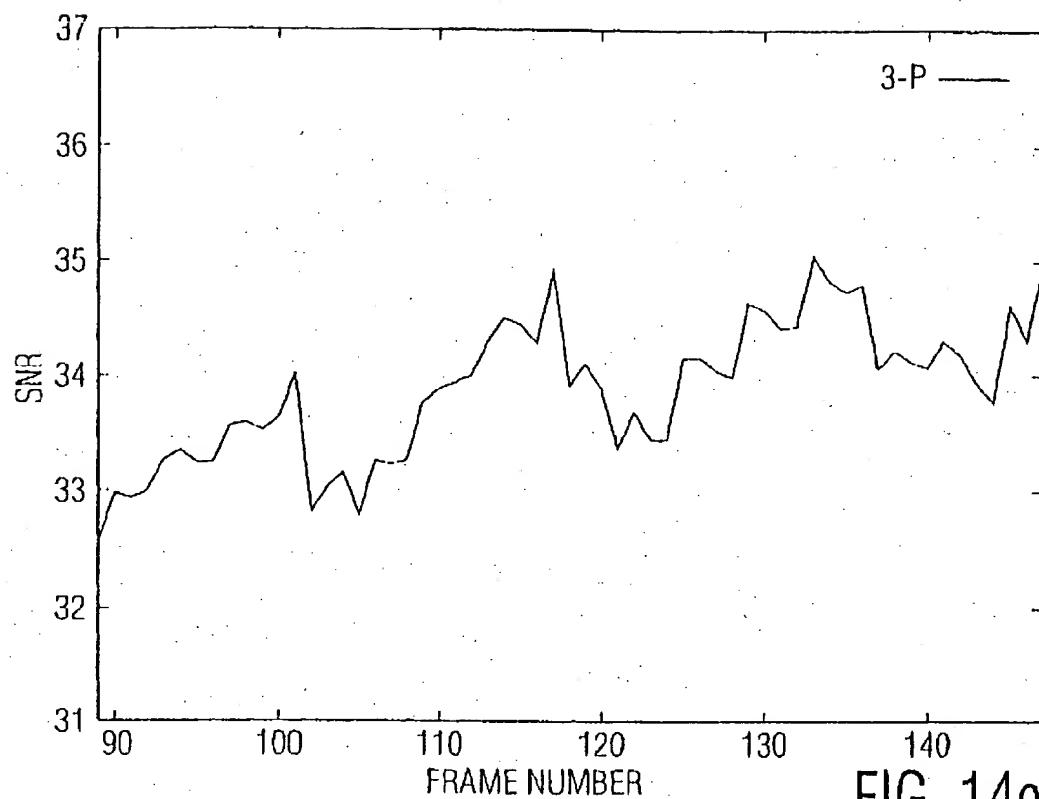


FIG. 14e

【図15】

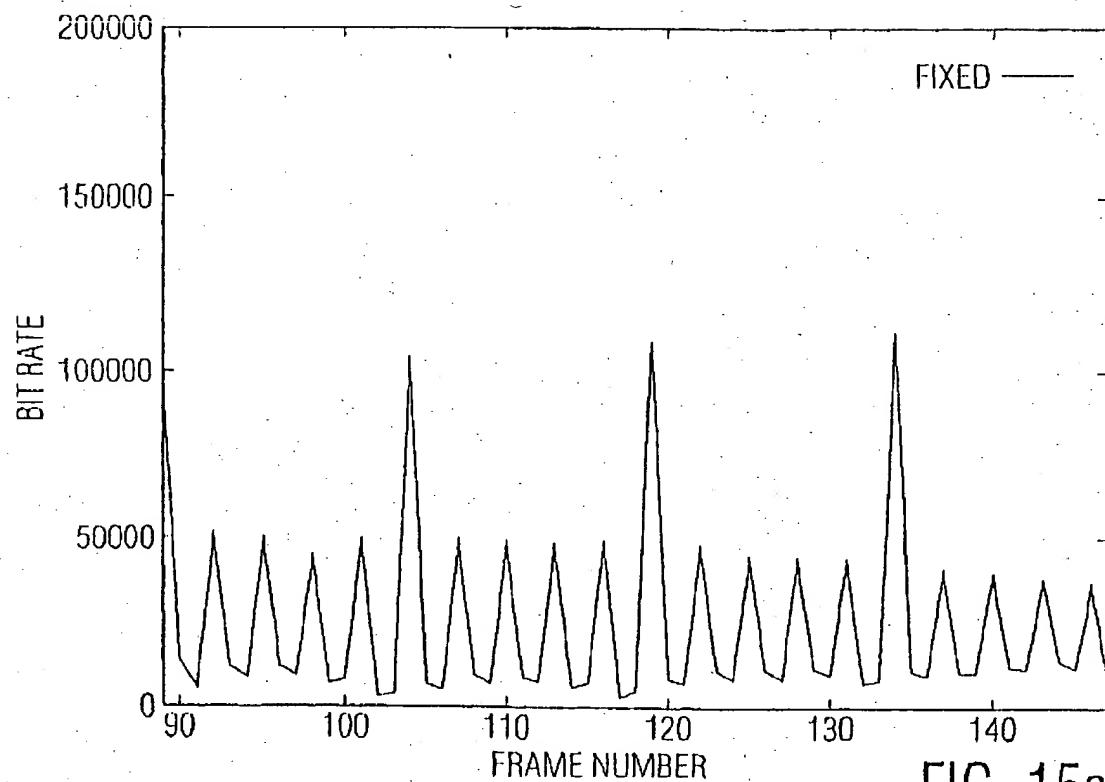


FIG. 15a

【図15】

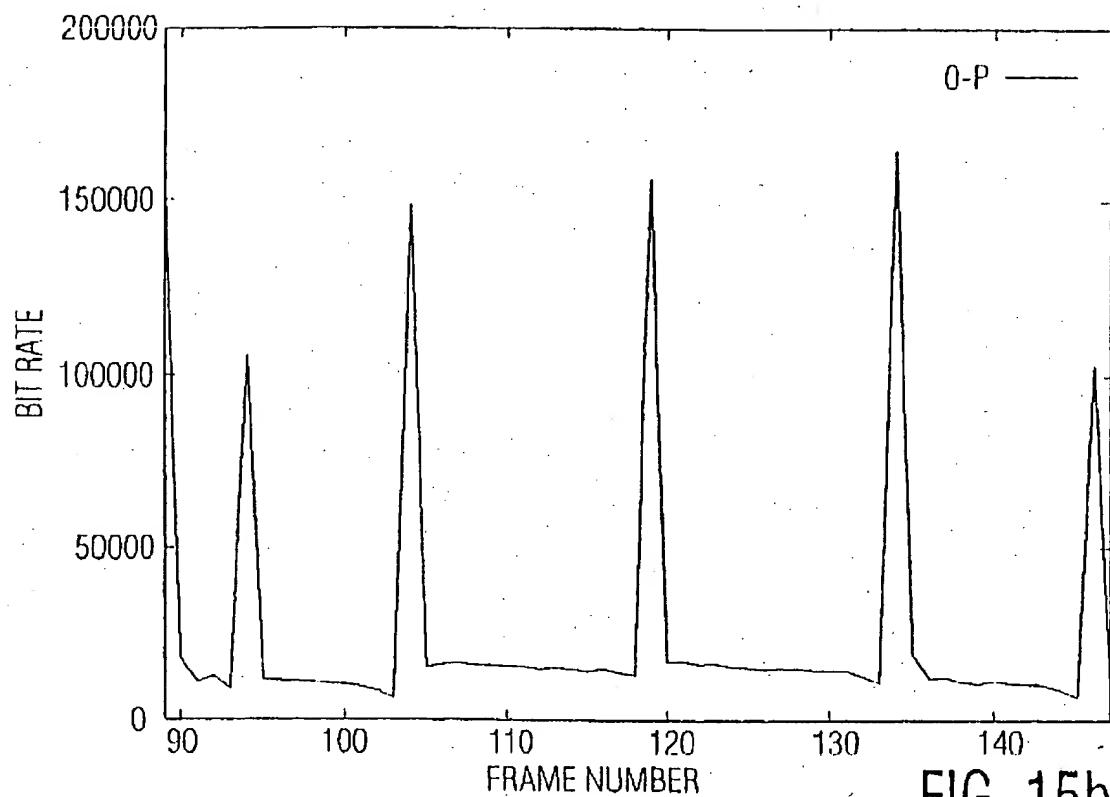


FIG. 15b

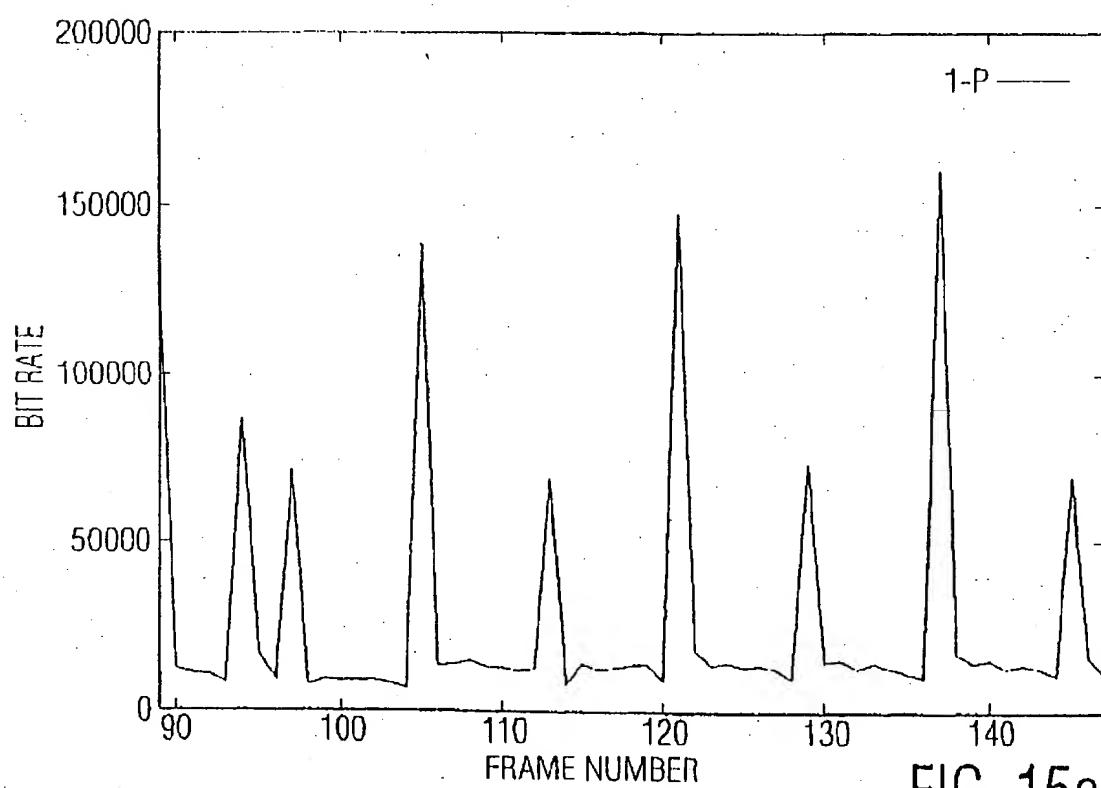


FIG. 15c

【図15】

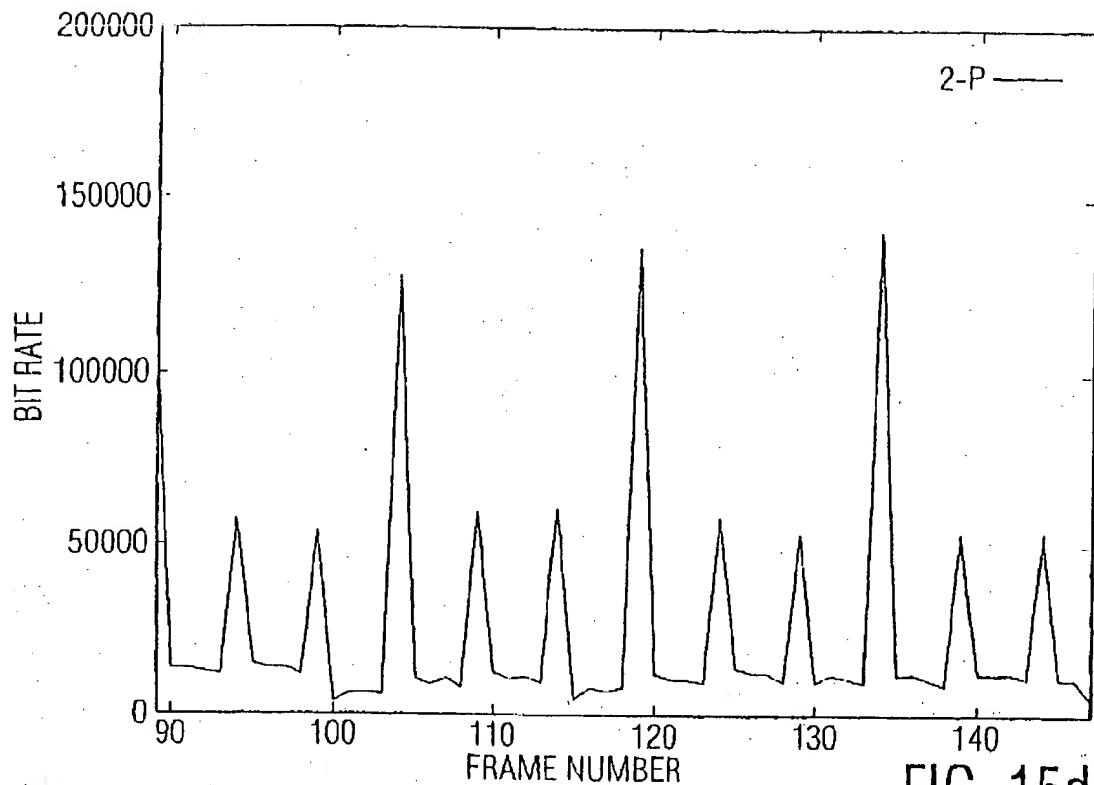


FIG. 15d

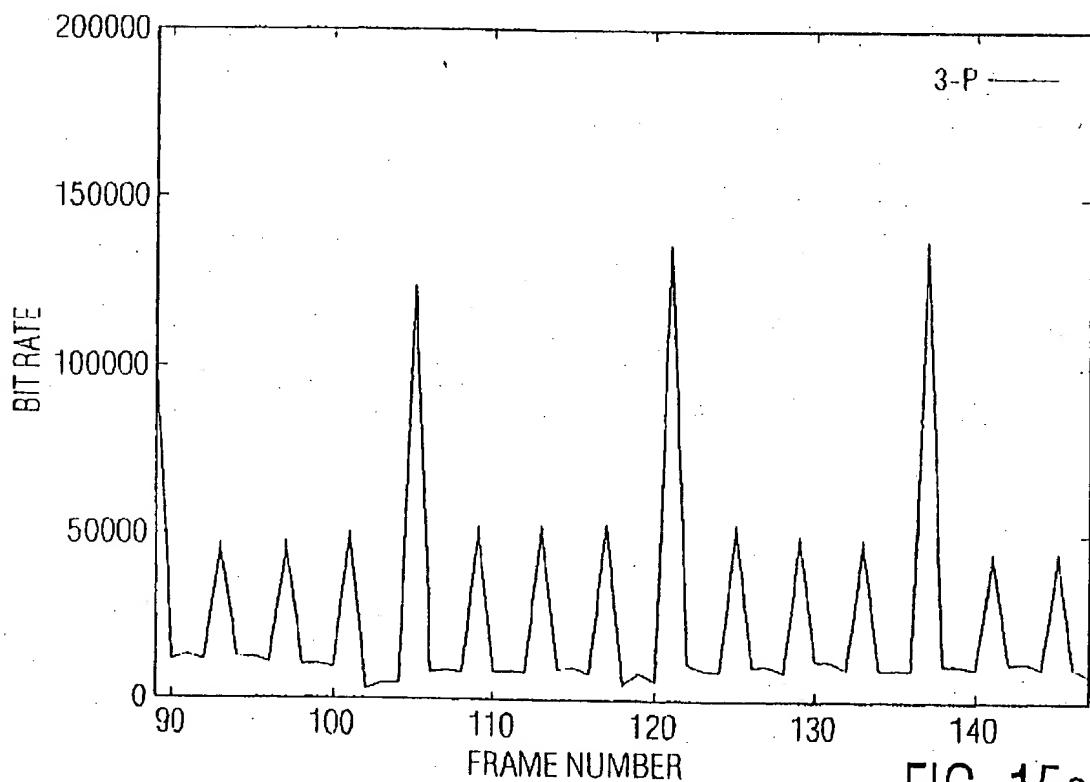


FIG. 15e

【図16】

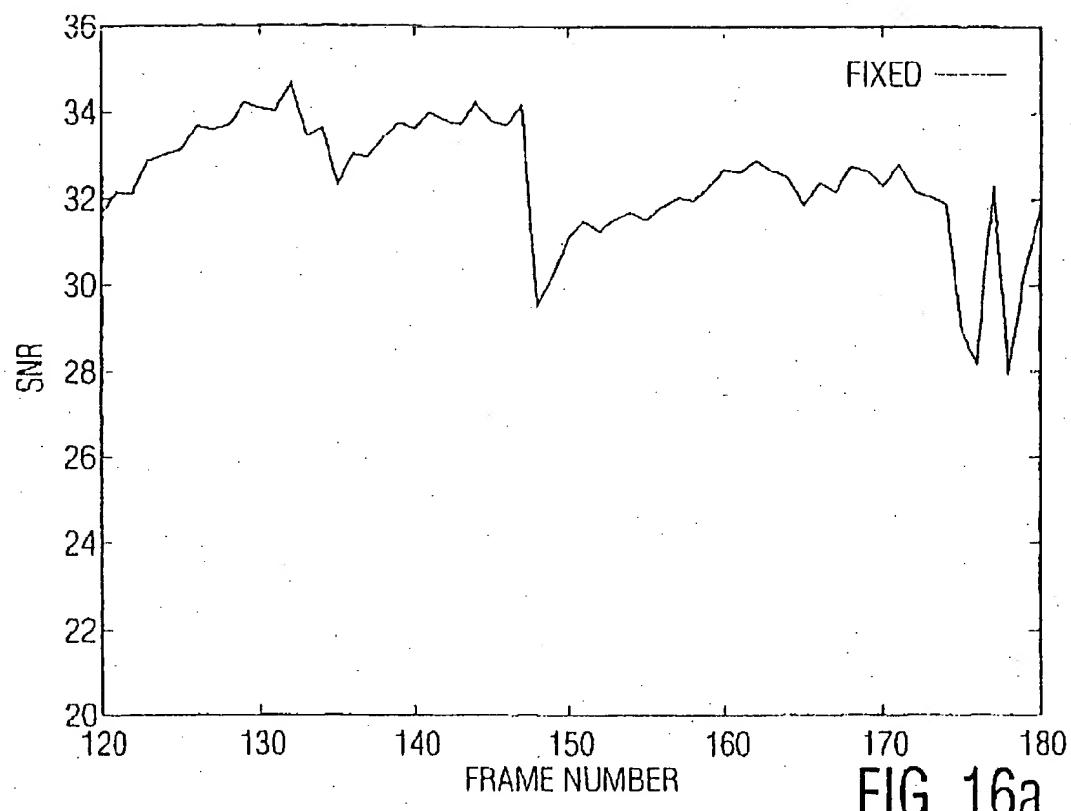


FIG. 16a

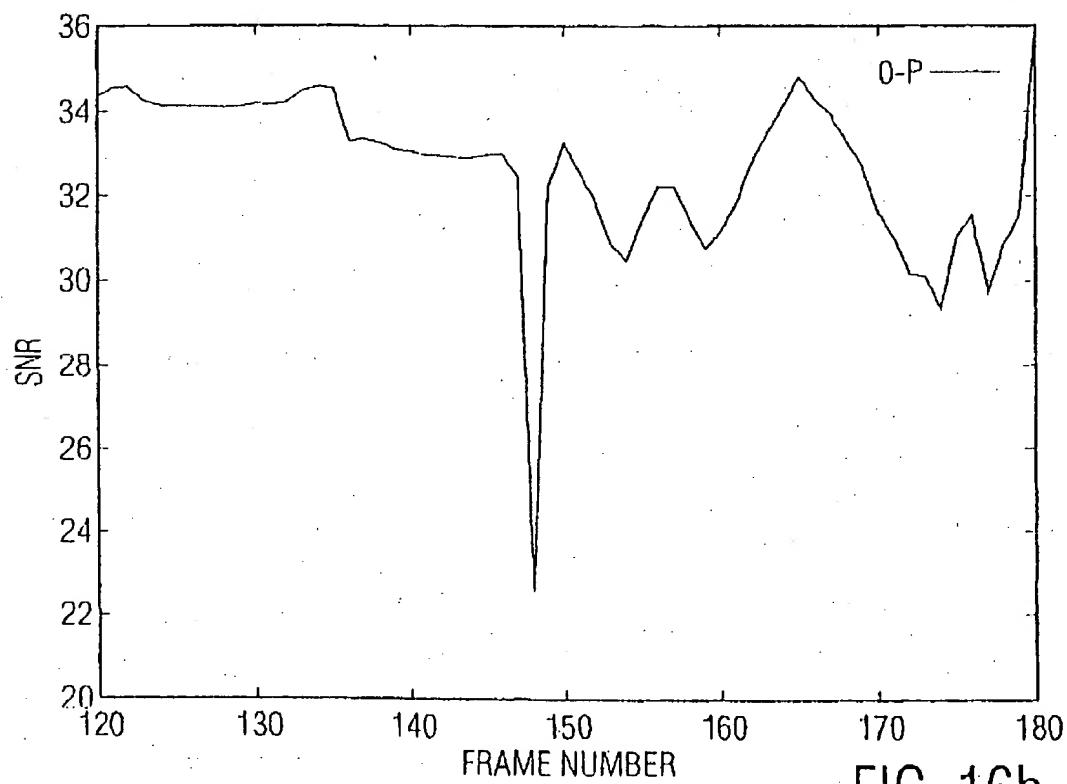


FIG. 16b

【図16】

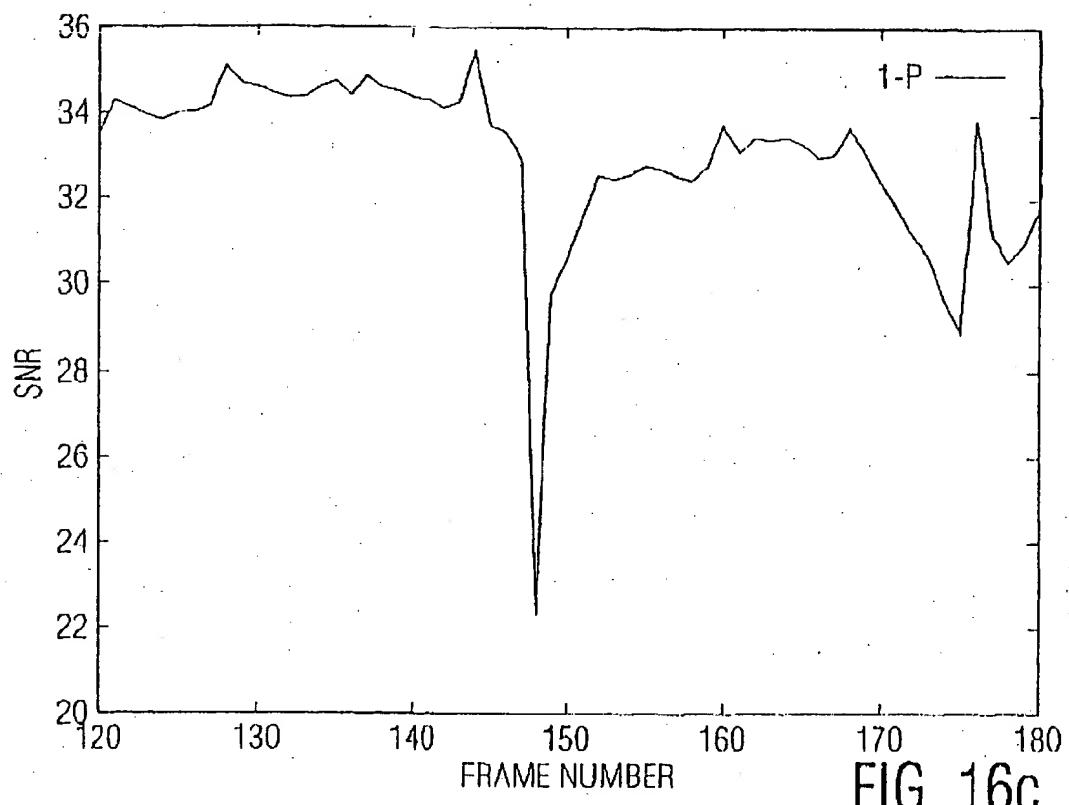


FIG. 16c

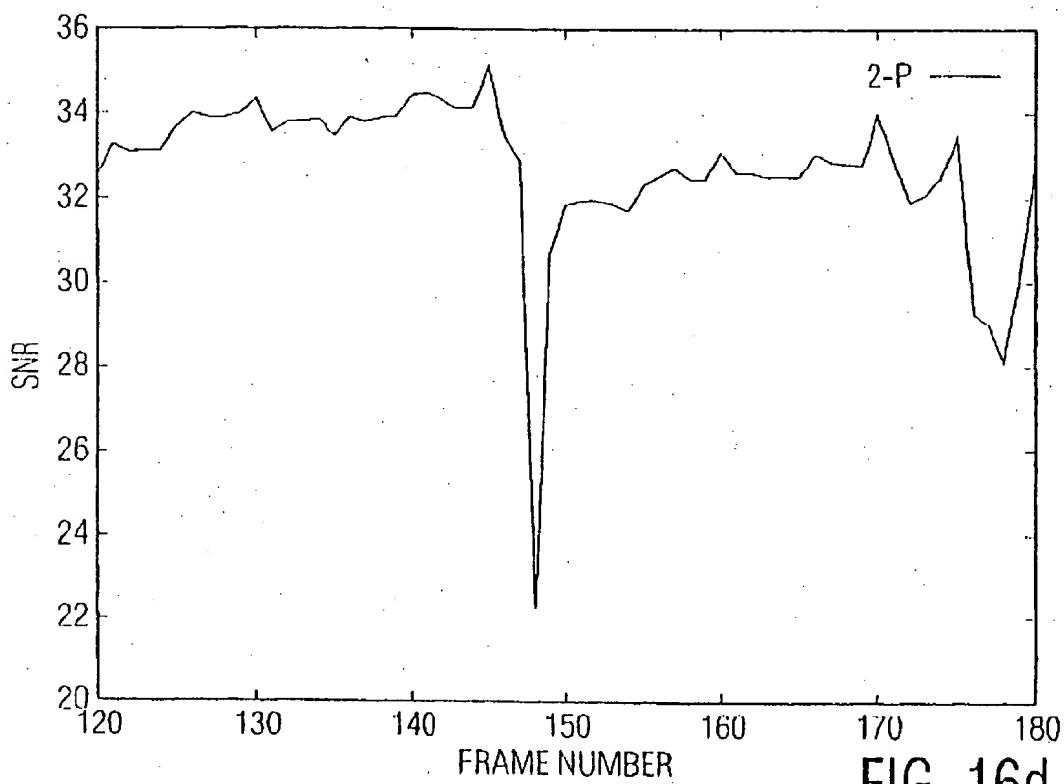
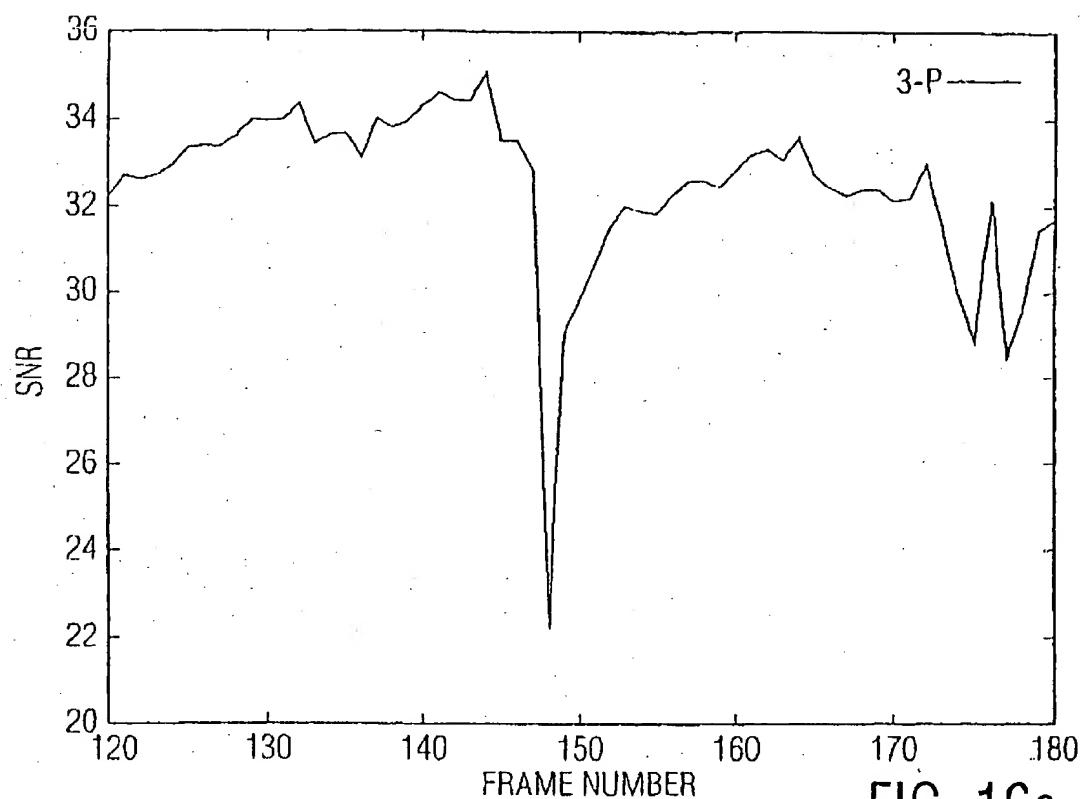


FIG. 16d

【図16】



【図17】

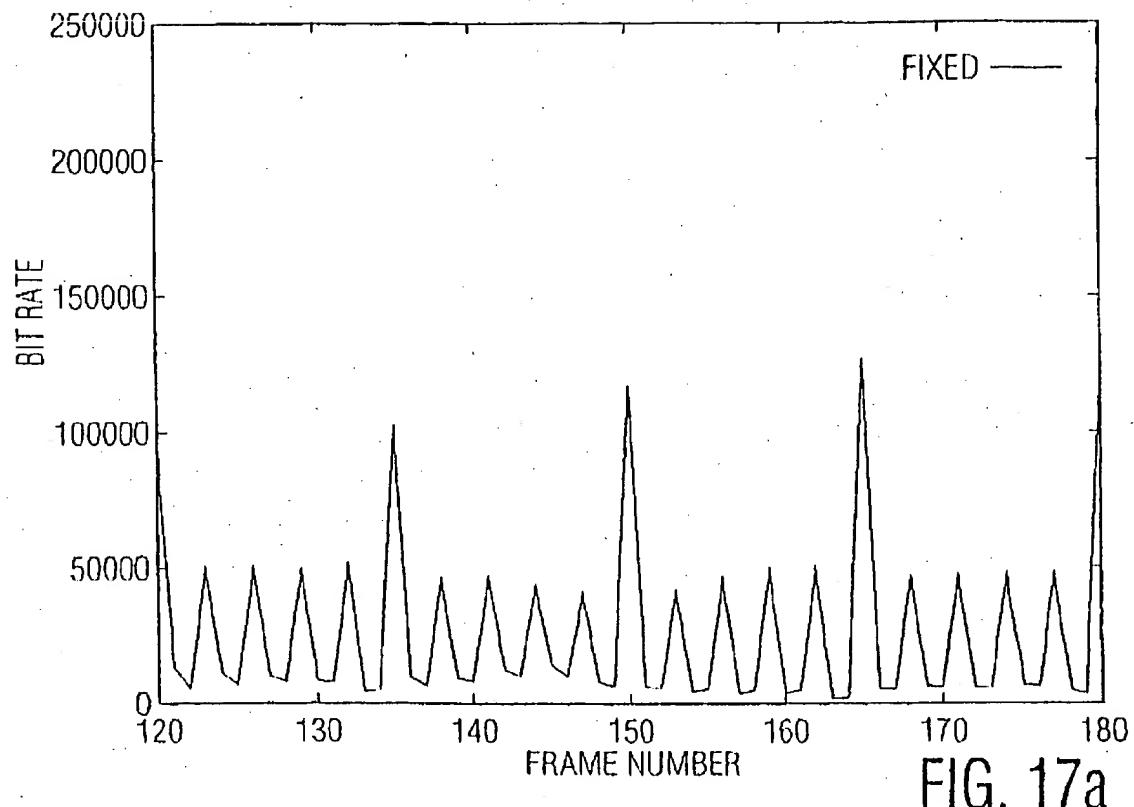


FIG. 17a

【図17】

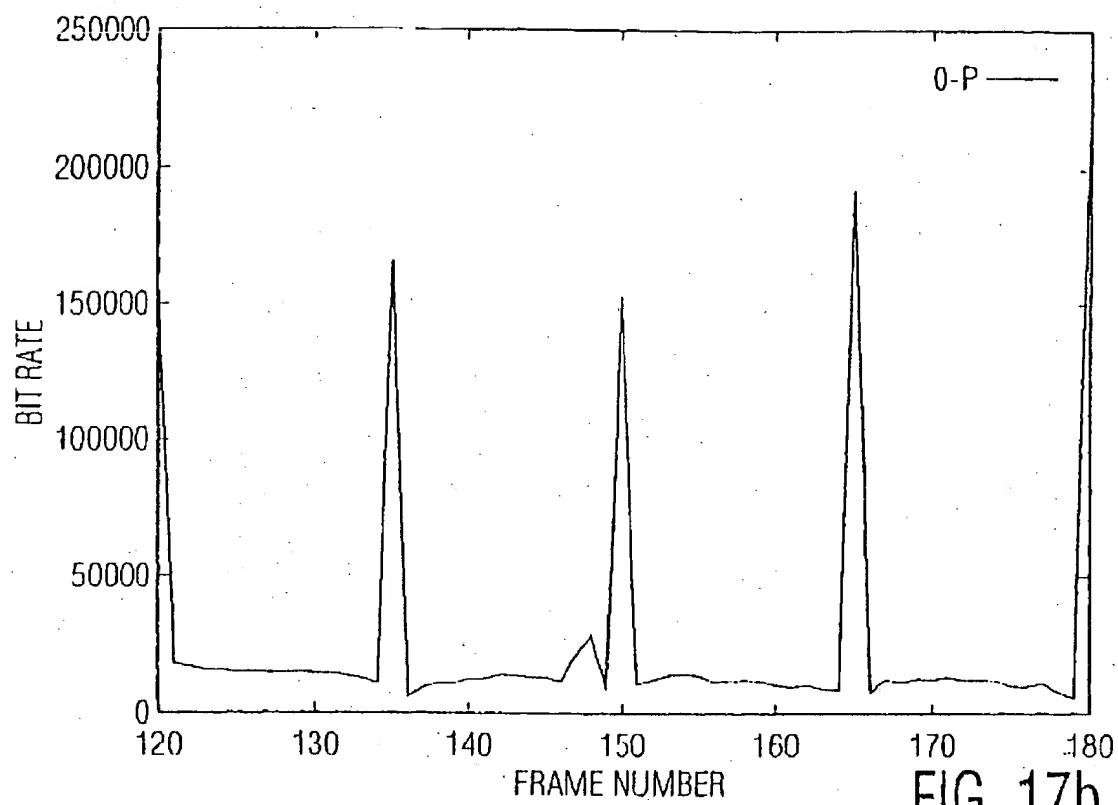


FIG. 17b

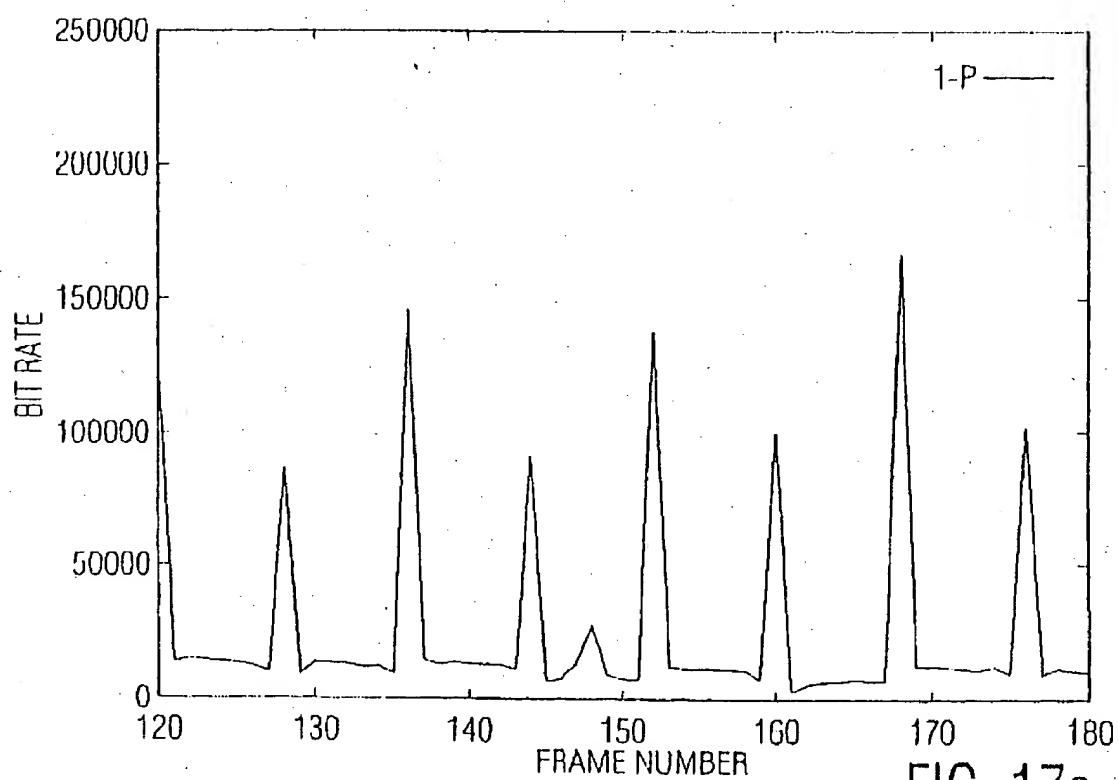
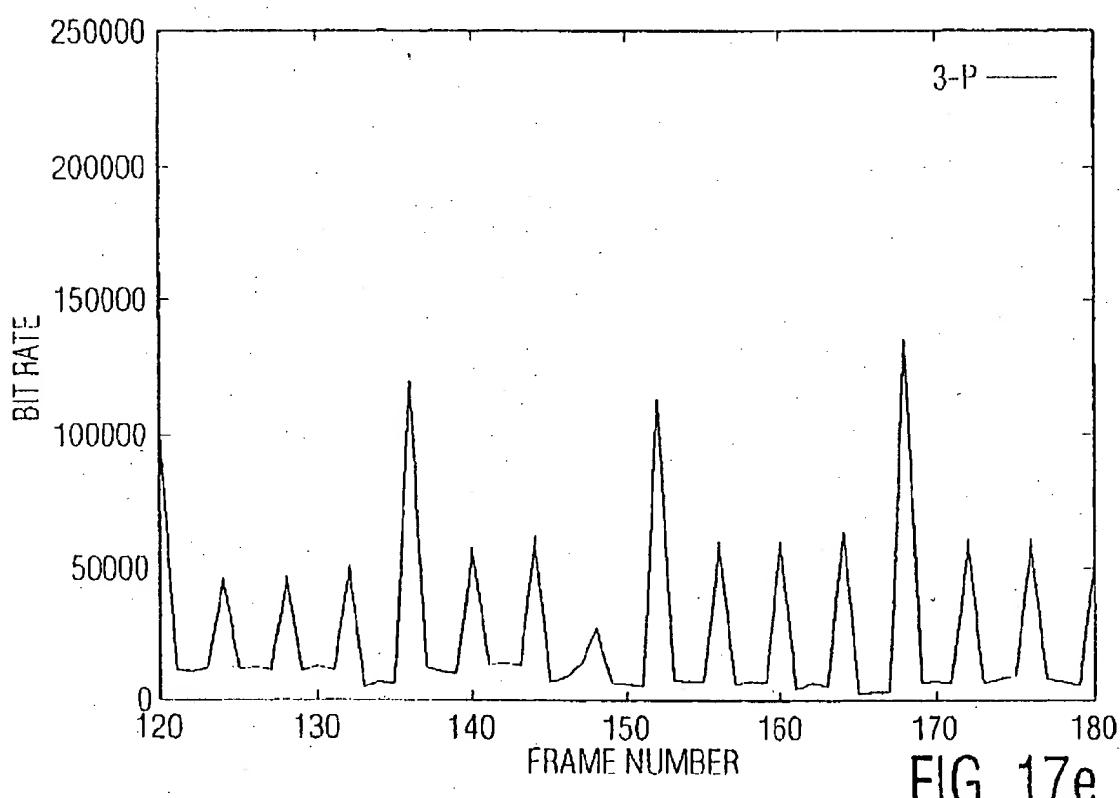
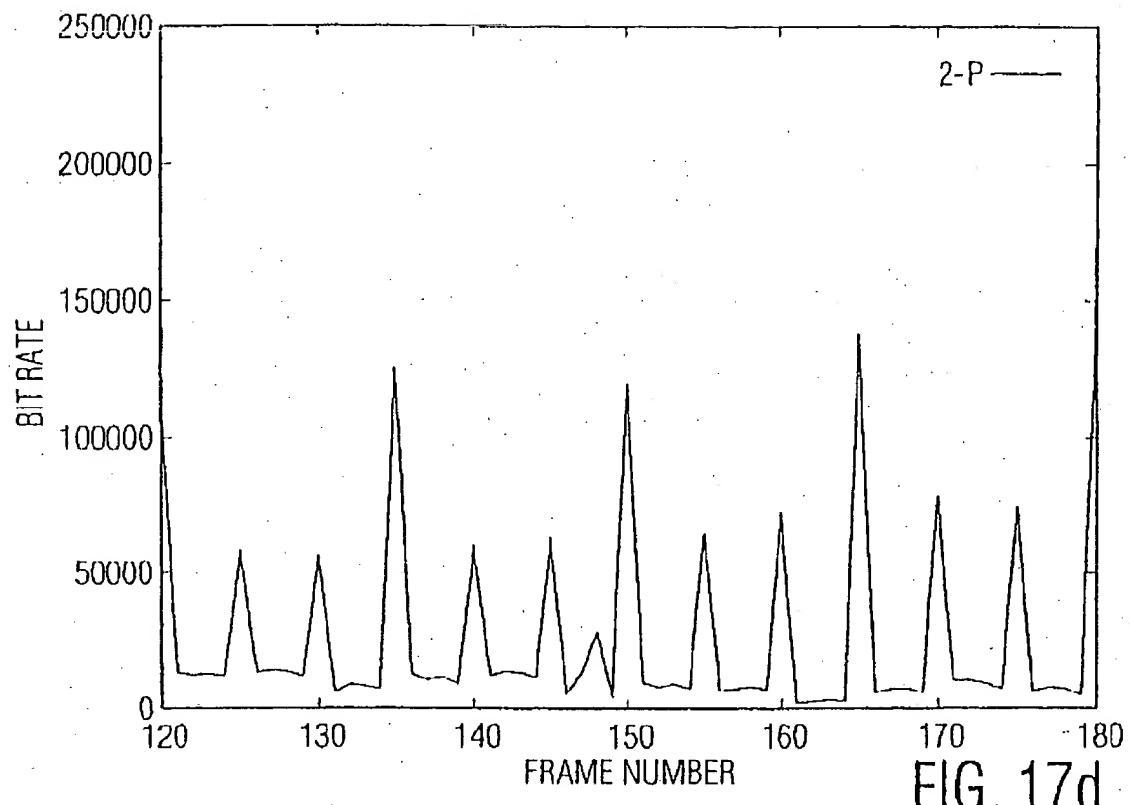


FIG. 17c

【図17】



【図18】

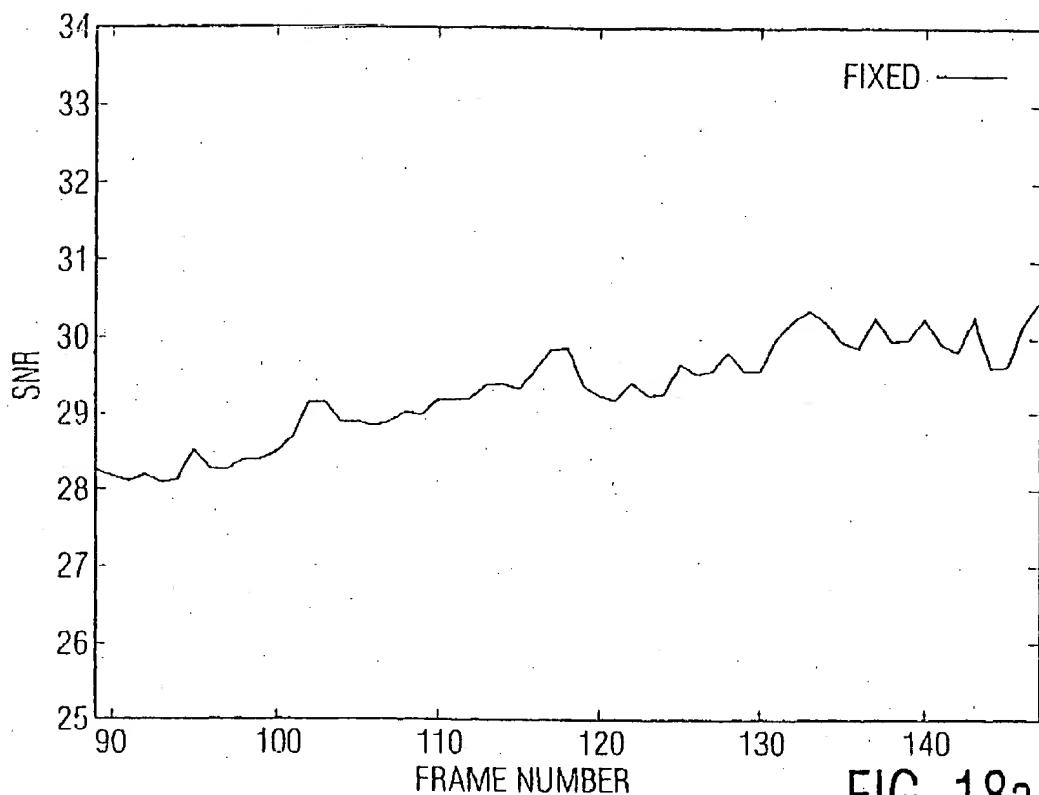


FIG. 18a

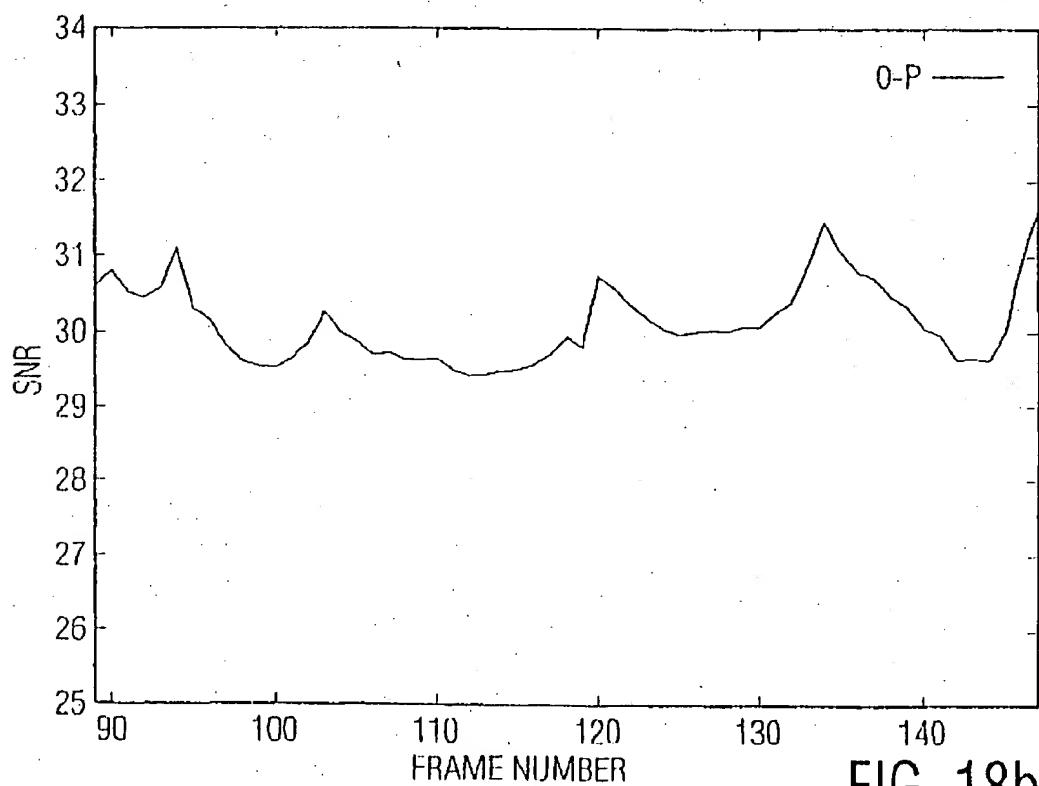


FIG. 18b

【図18】

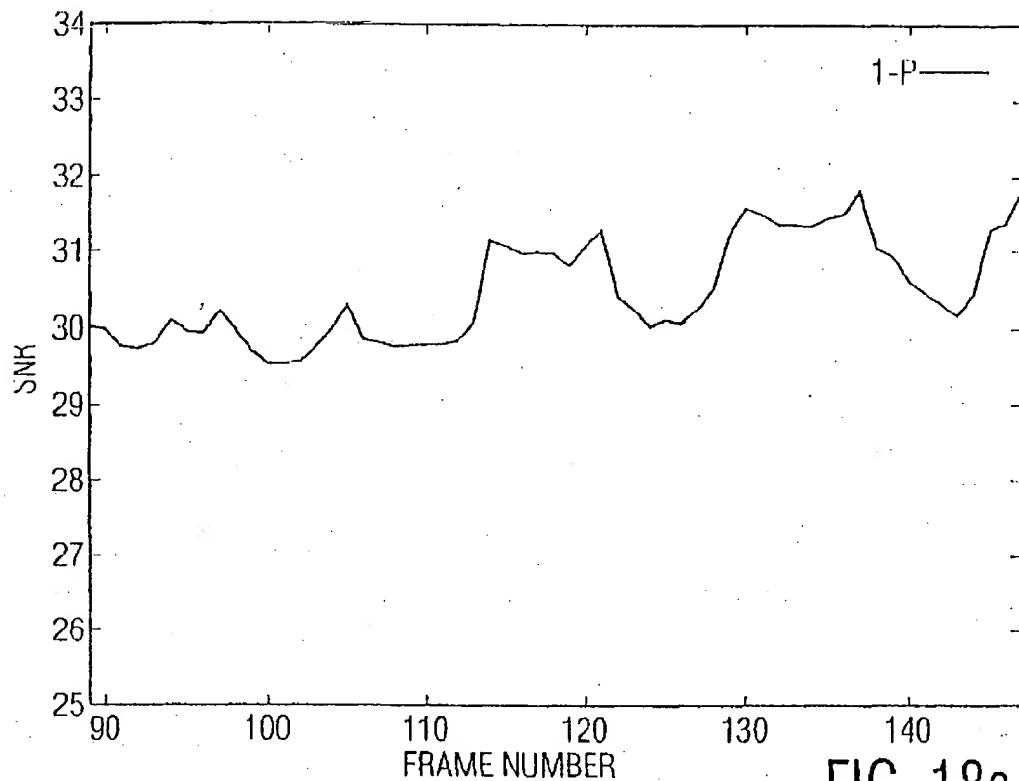


FIG. 18c

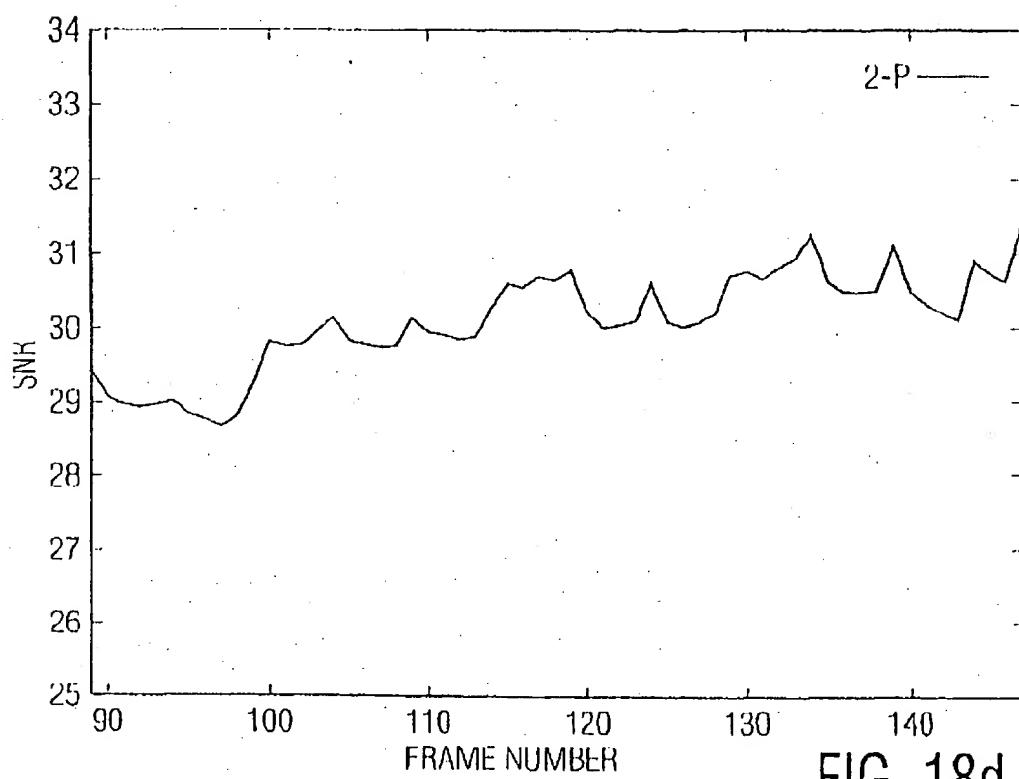


FIG. 18d

【図18】

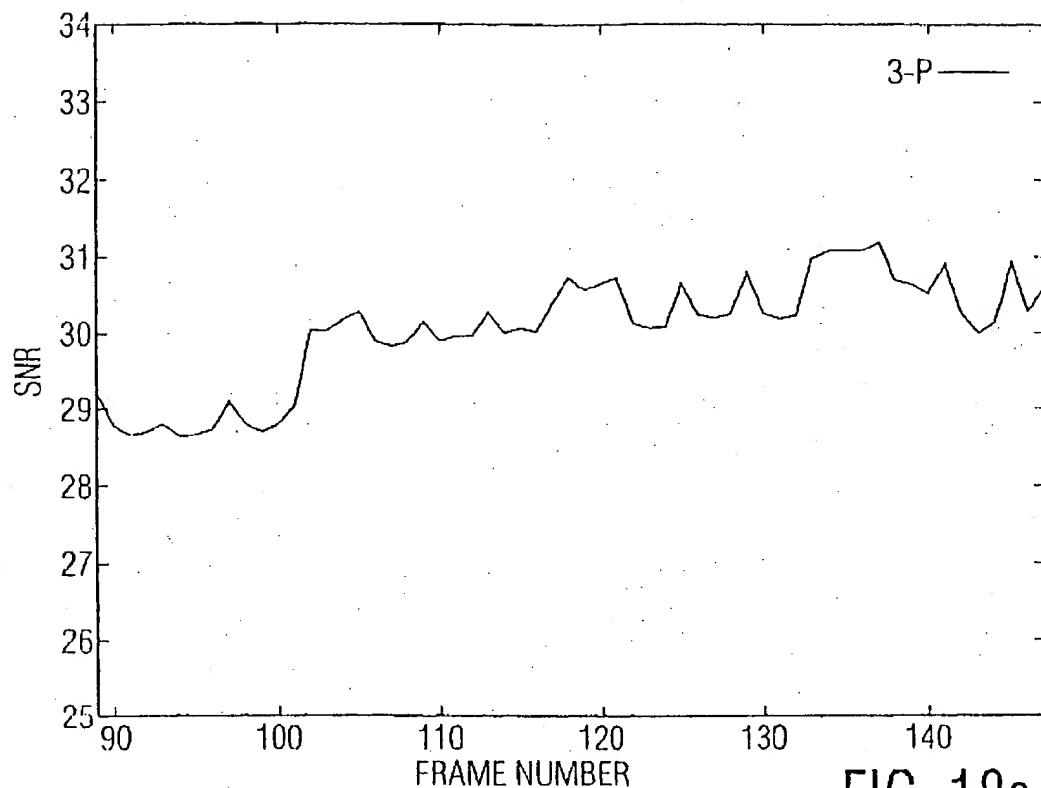


FIG. 18e

【図19】

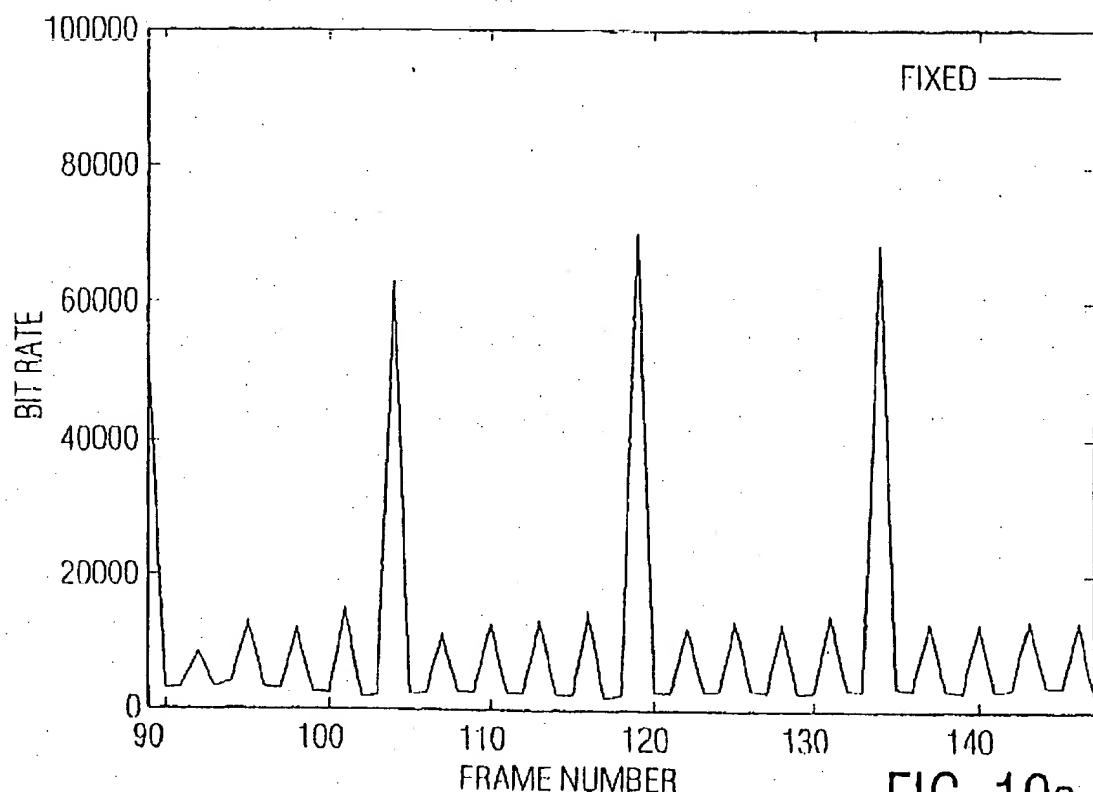


FIG. 19a

【図19】

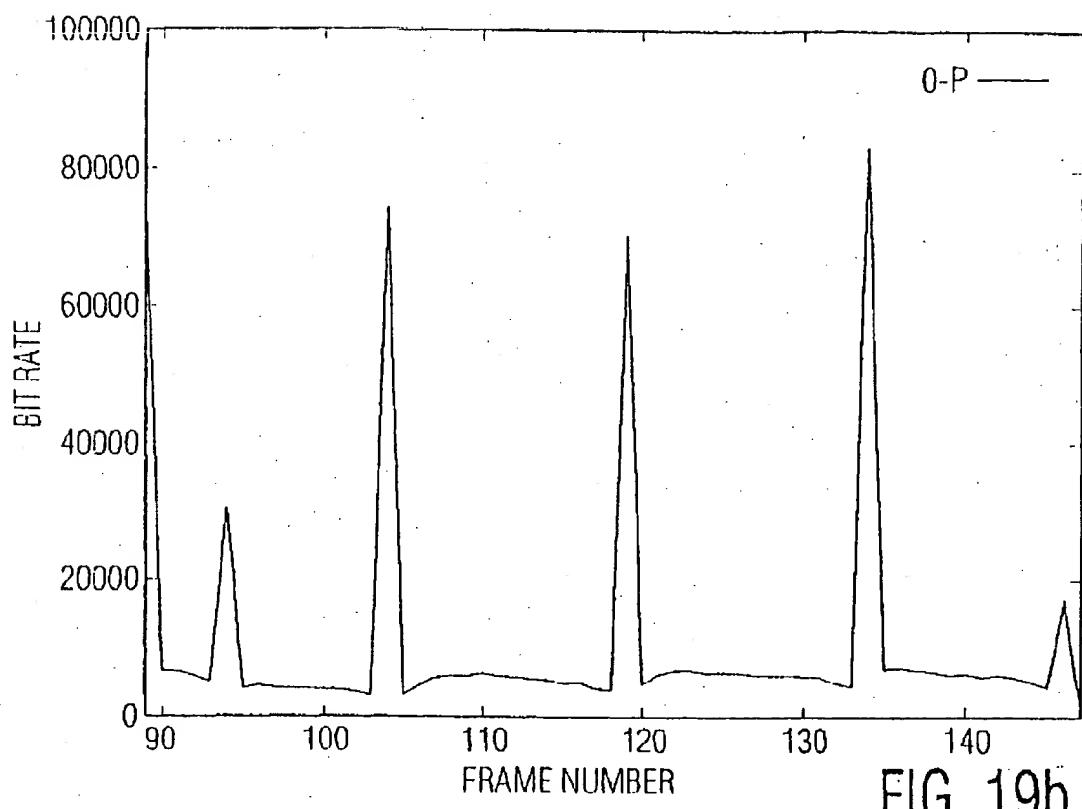


FIG. 19b

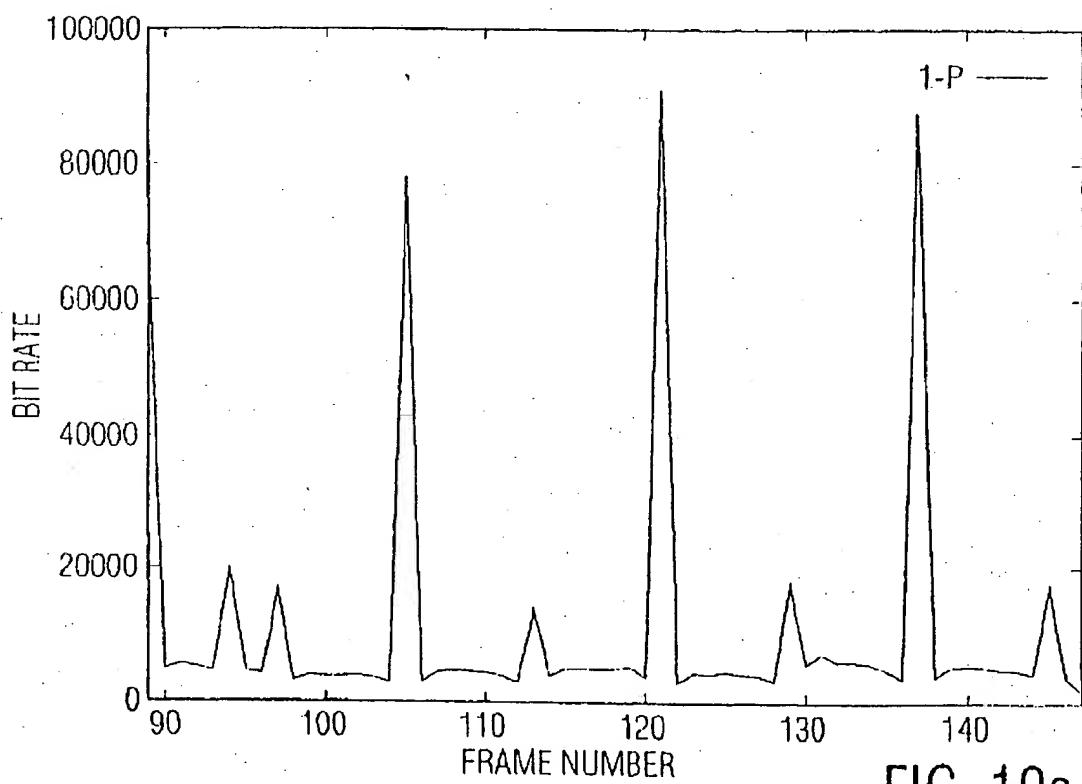


FIG. 19c

【図19】

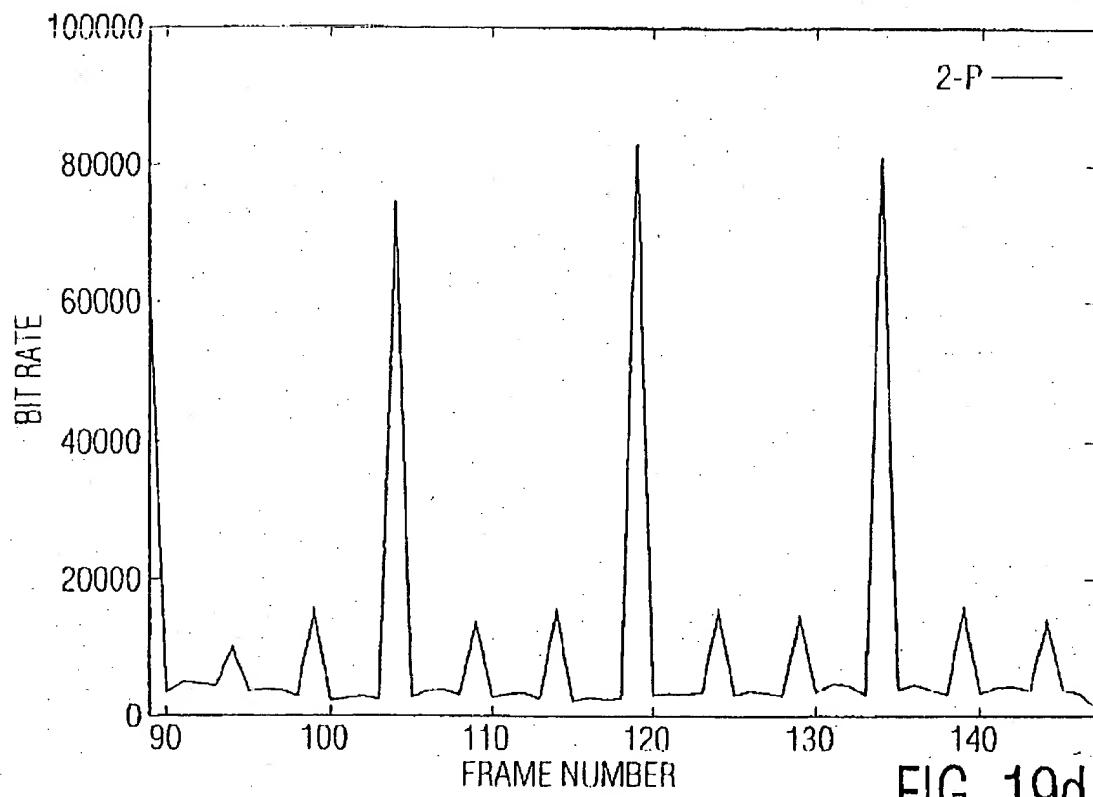


FIG. 19d

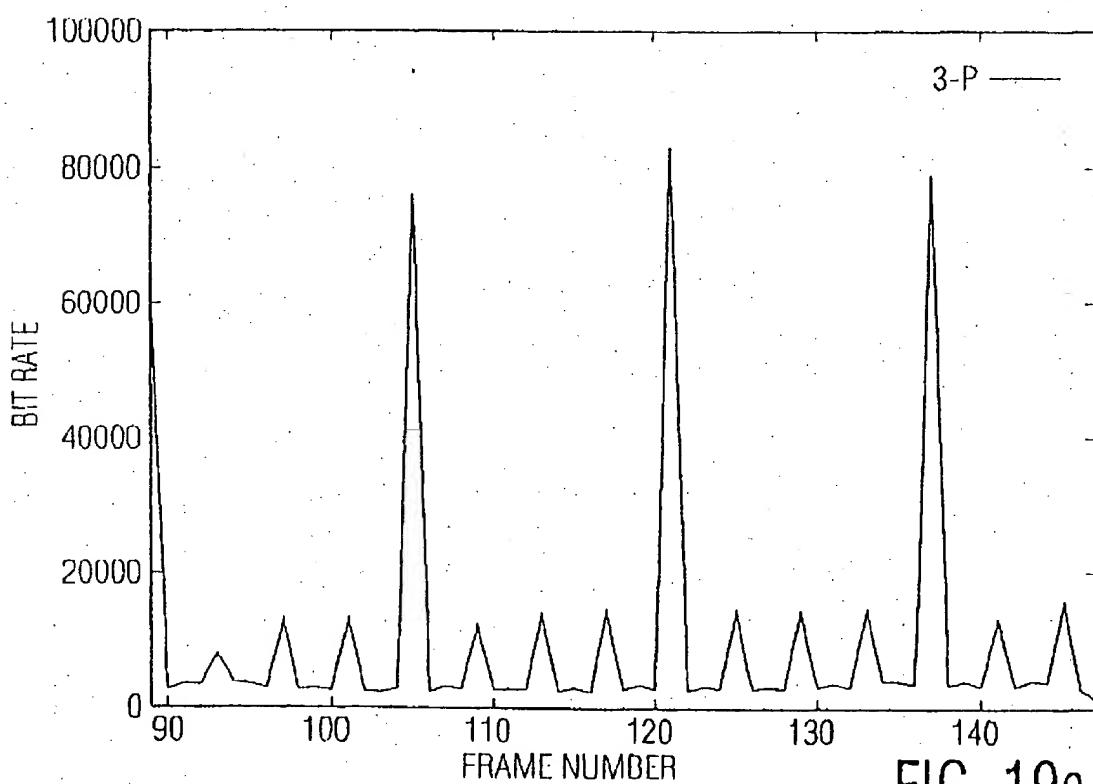


FIG. 19e

【図20】

STATISTICS	FIXED	0-P	1-P	2-P	3-P
TARGET BITS	24.55	24.55	24.55	24.55	24.55
AVERAGE BITS USED	24,783	26,070	26,368	24,561	24,664
AVERAGE SNR(Y)	33.47	34.40	34.51	34.03	33.88
AVERAGE SNR(U)	39.37	40.57	40.45	39.93	39.28
AVERAGE SNR(V)	38.48	39.04	39.27	38.95	38.90

FIG. 20

【図21】

STATISTICS	FIXED	0-P	1-P	2-P	3-P
TARGET BITS	24.55	24.55	24.55	24.55	24.55
AVERAGE BITS USED	25,902	26,503	26,432	26,177	24,446
AVERAGE SNR(Y)	32.45	32.65	32.97	32.69	32.46
AVERAGE SNR(U)	39.26	40.24	40.10	39.68	39.45
AVERAGE SNR(V)	38.12	38.47	38.59	38.37	38.20

FIG. 21

【図22】

STATISTICS	FIXED	0-P	1-P	2-P	3-P
TARGET BITS	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
AVERAGE BITS USED	9,557	10,705	10,708	9,827	9,887
AVERAGE SNR(Y)	29.30	30.12	30.47	30.09	30.03
AVERAGE SNR(U)	36.43	37.50	37.61	37.25	37.16
AVERAGE SNR(V)	35.53	35.64	36.12	35.91	35.94

FIG. 22

【図23】

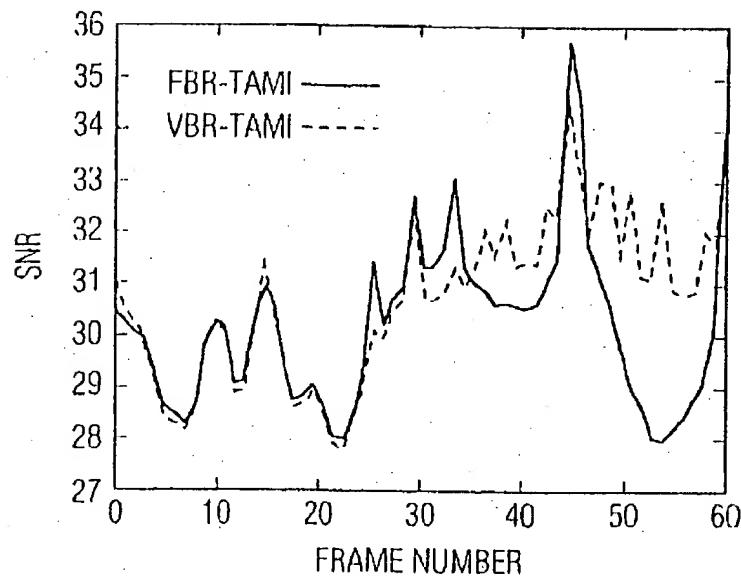


FIG. 23(a)

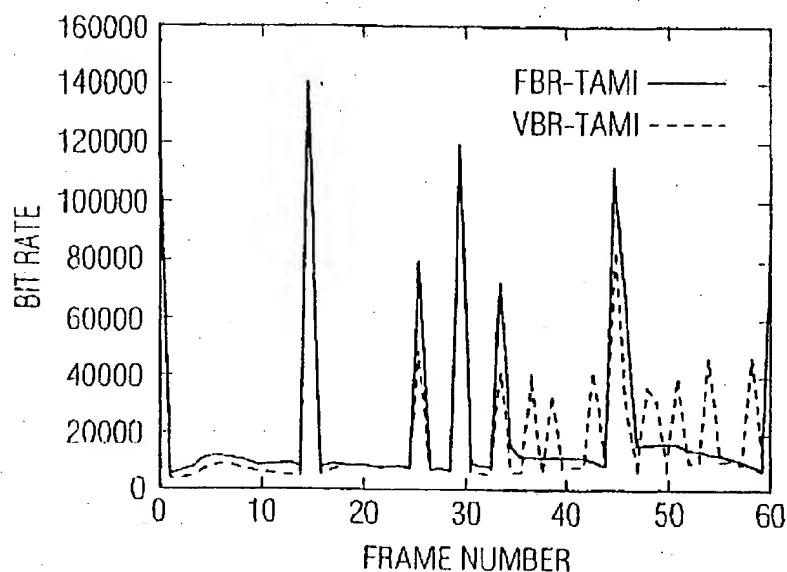


FIG. 23(b)

【図24】

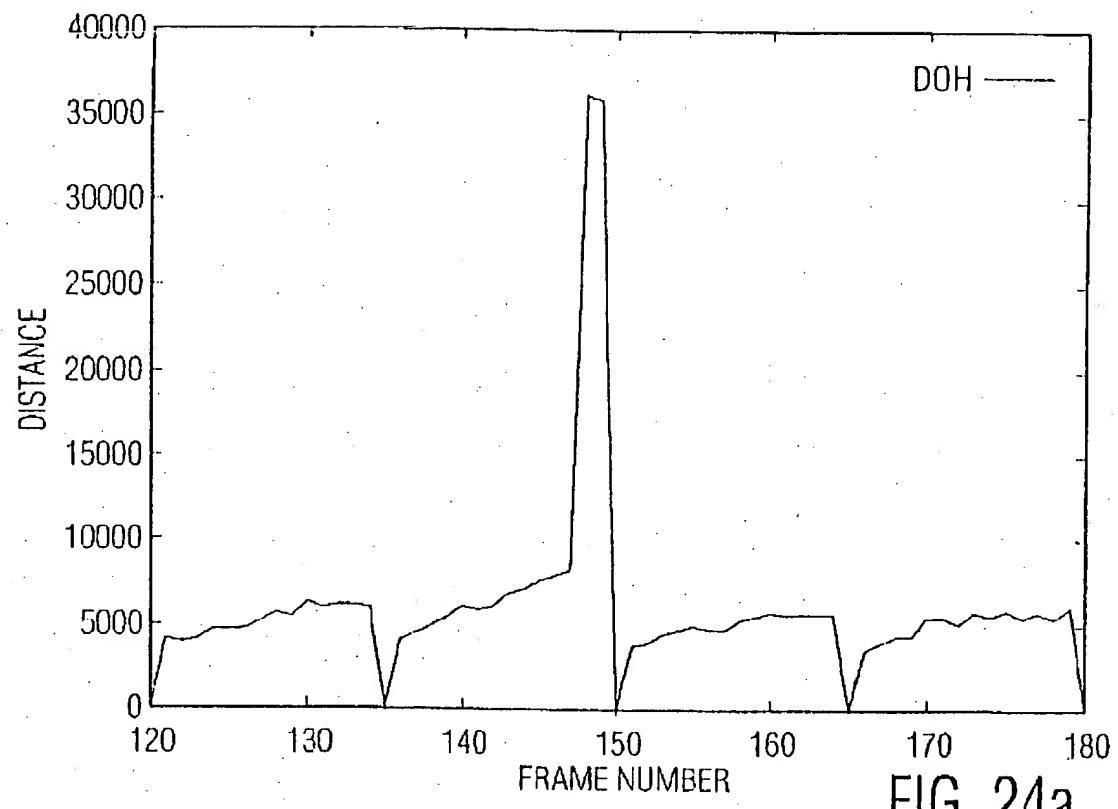


FIG. 24a

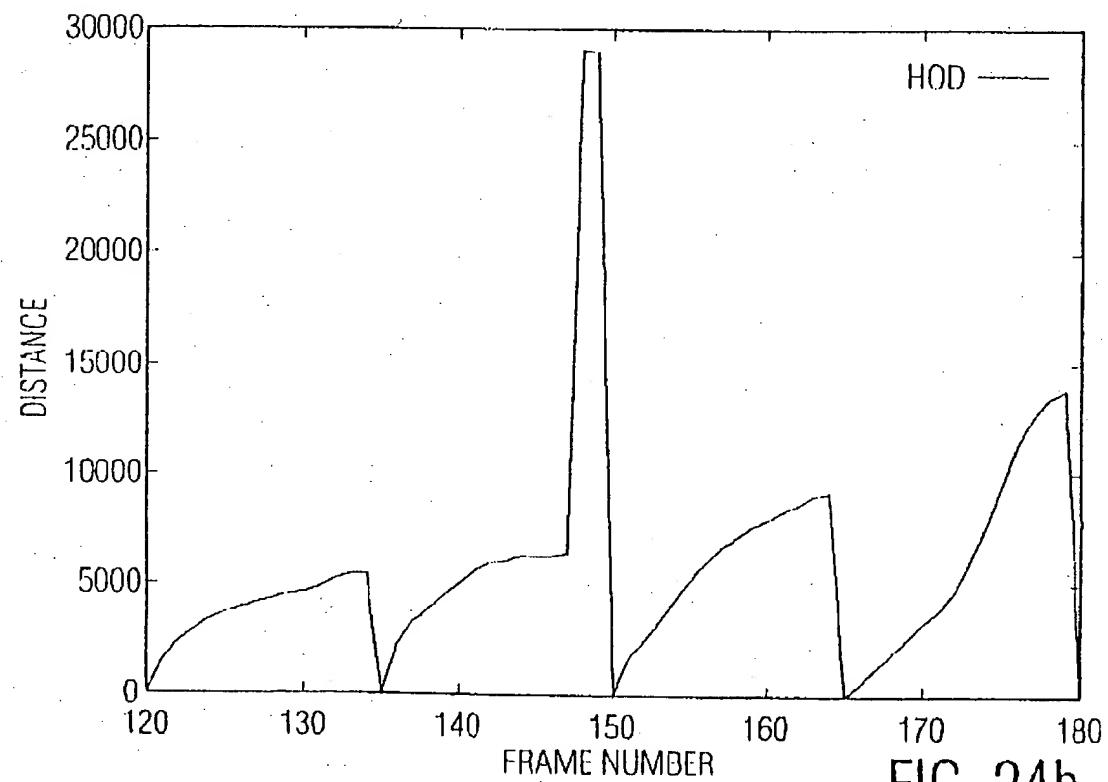


FIG. 24b

【図24】

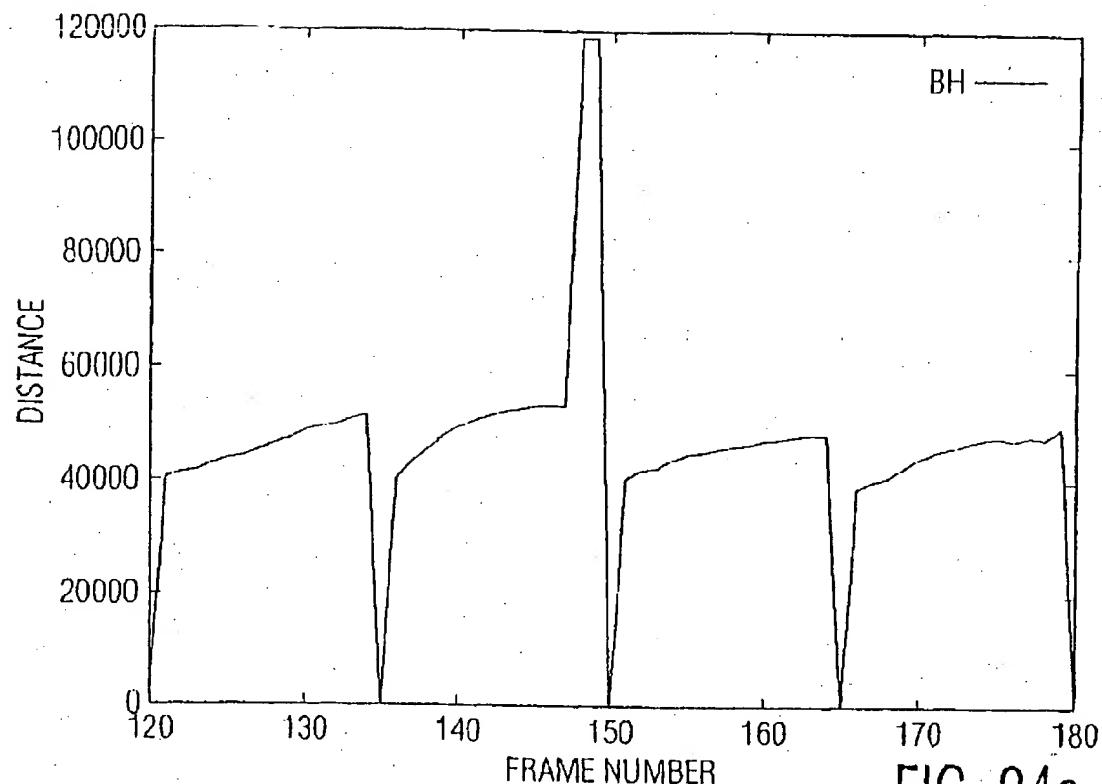


FIG. 24c

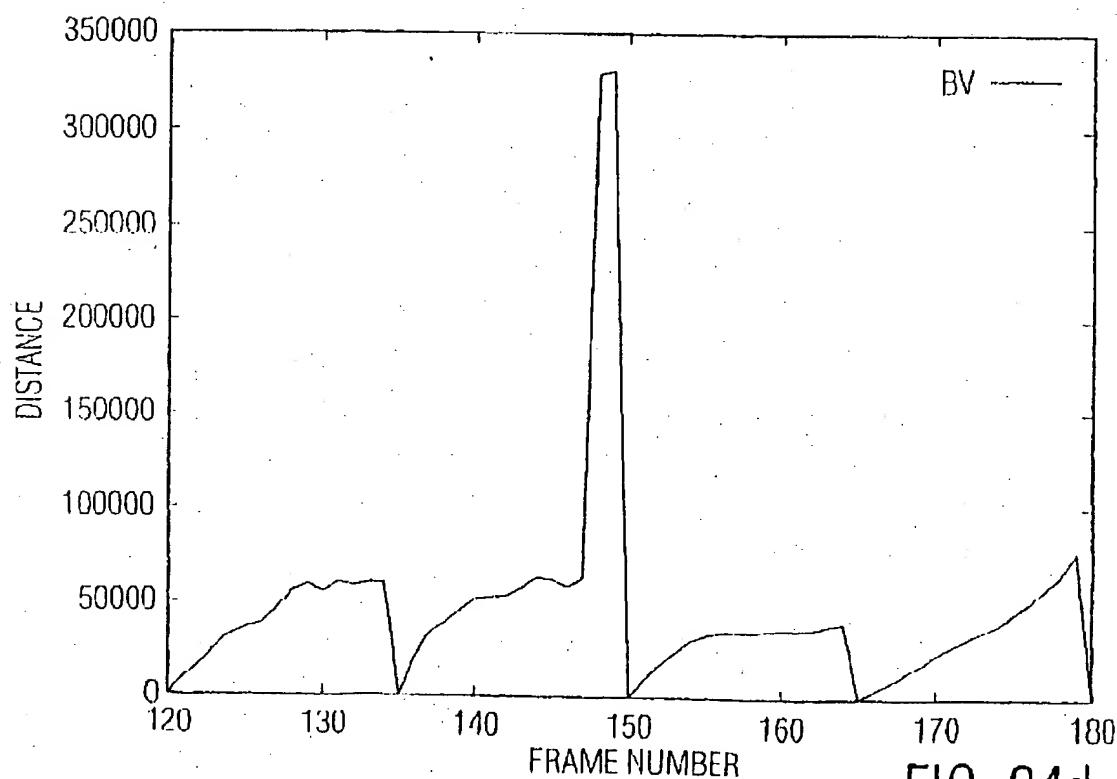


FIG. 24d

【図24】

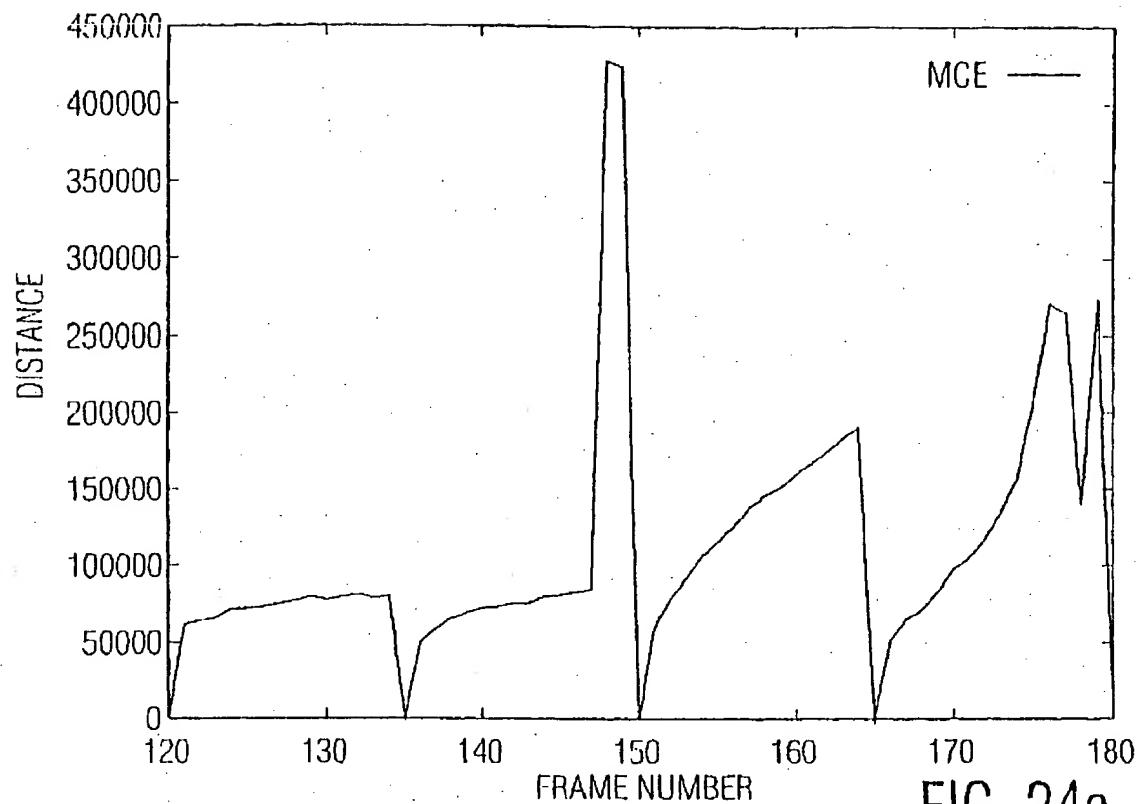


FIG. 24e

【図25】

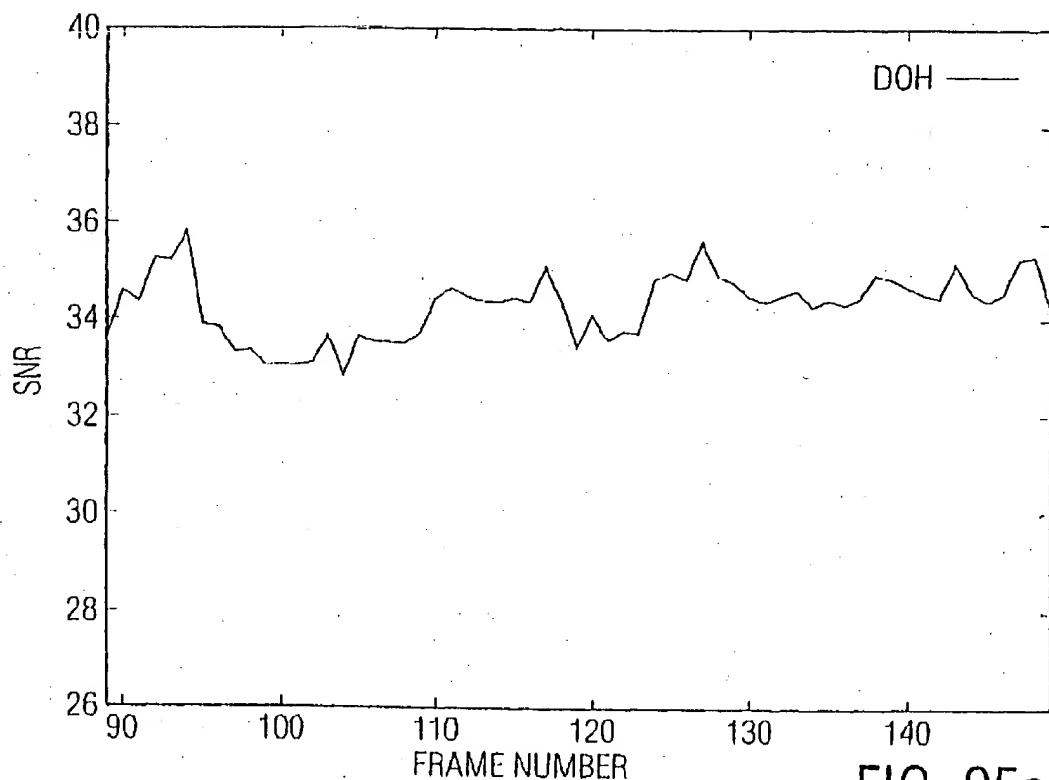
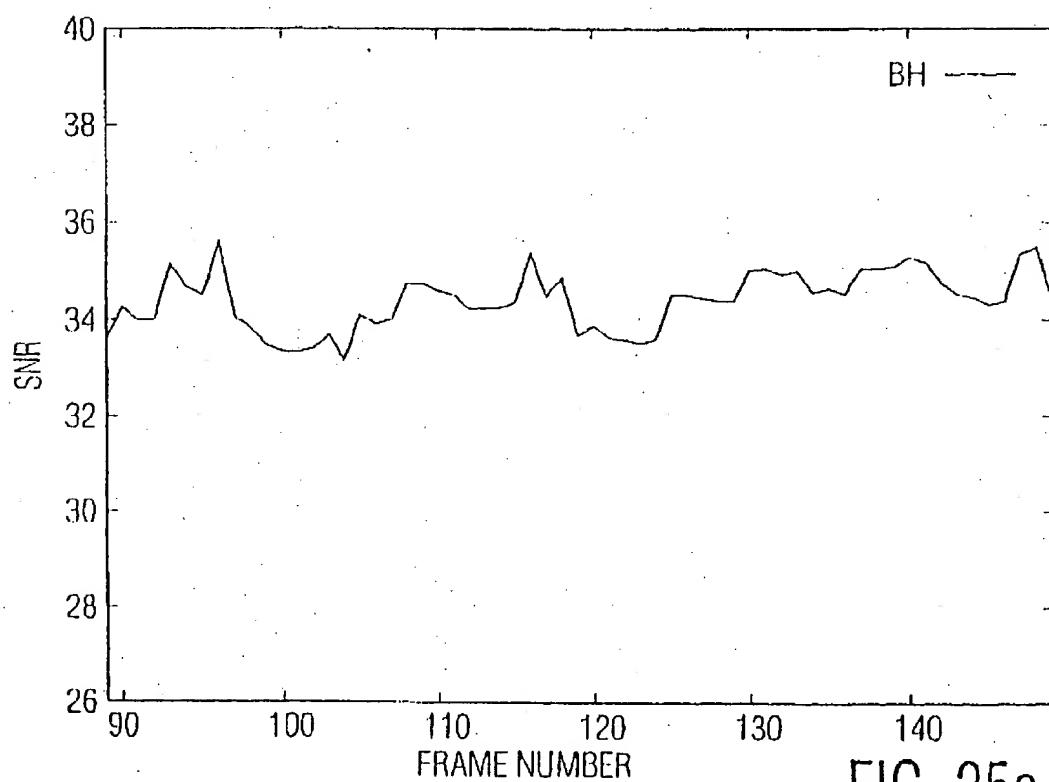
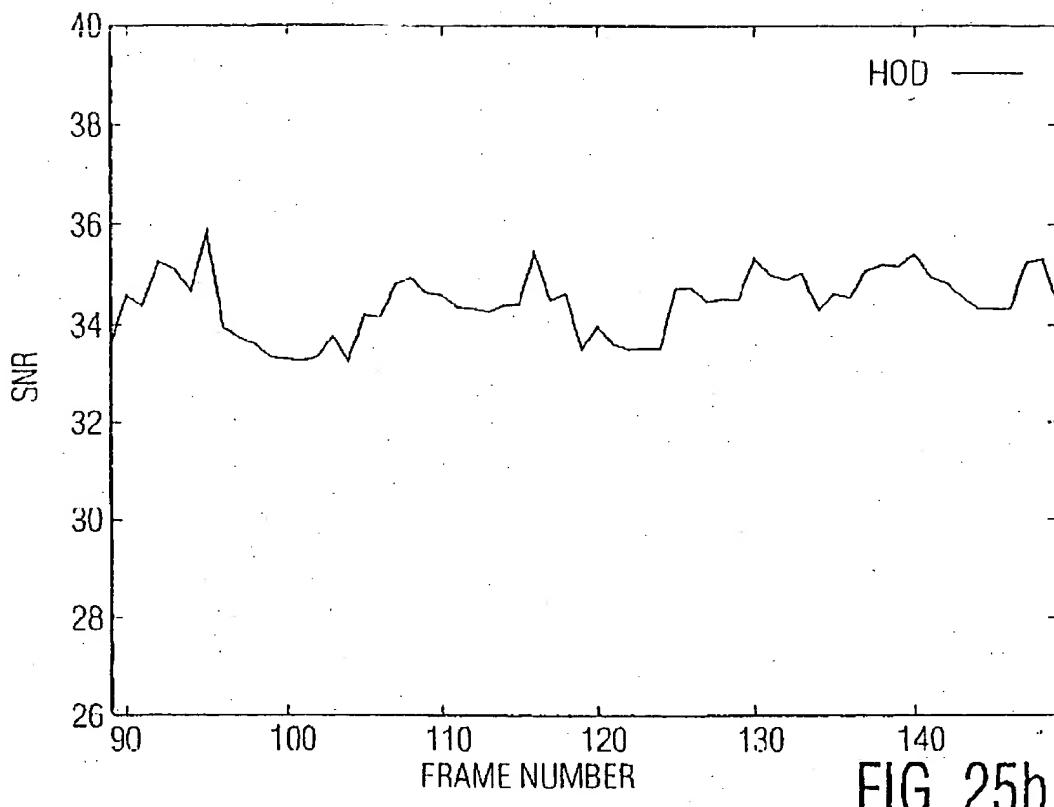


FIG. 25a

【図25】



【图25】

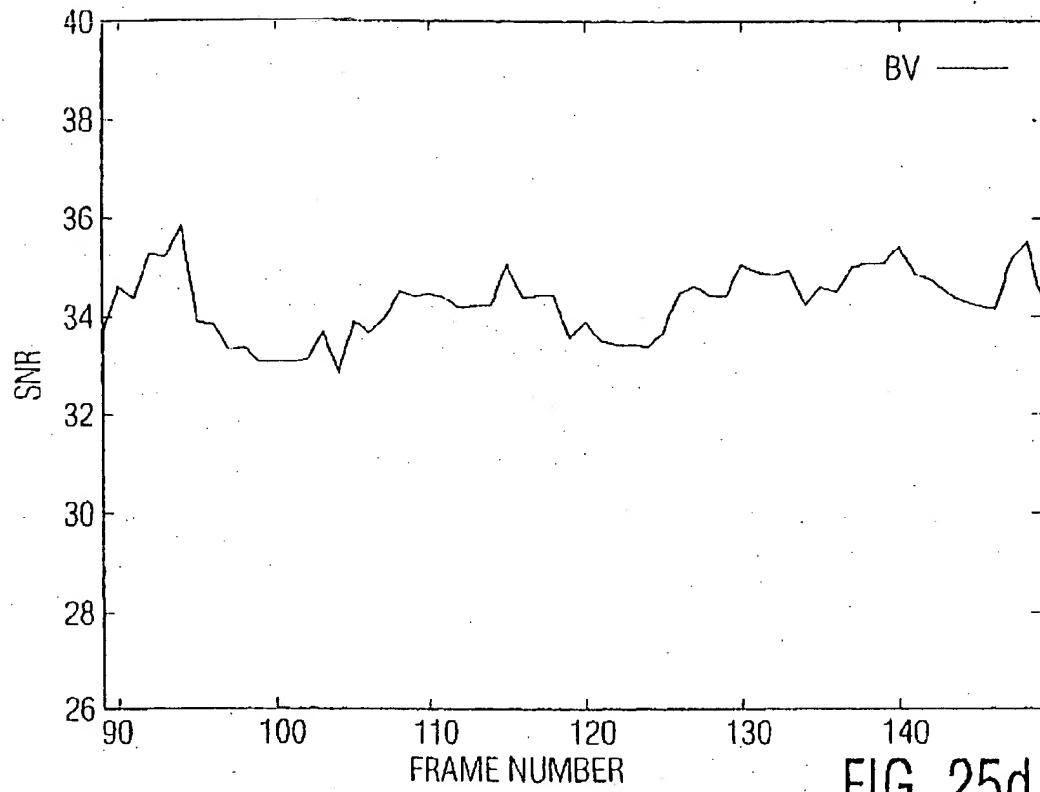


FIG. 25d

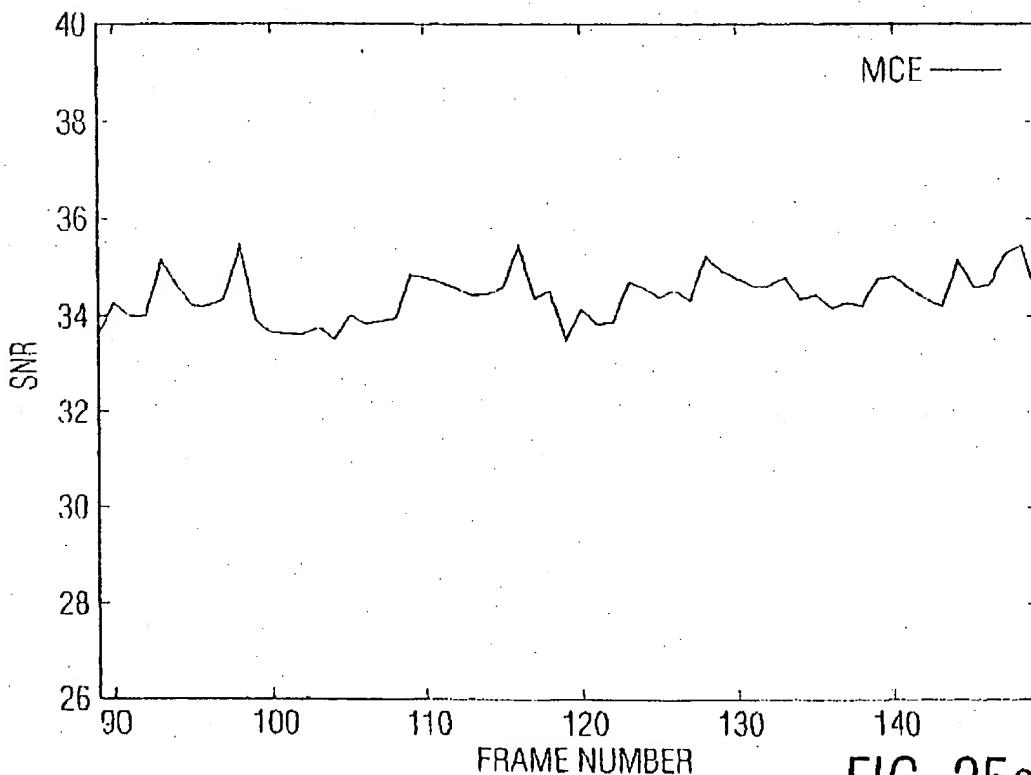


FIG. 25e

【図26】

FRAME RANGE	DOH		HOD		BH		BV		MCE	
	SNR	BIT								
89-149	34.29	27238	34.43	27362	34.39	27486	34.26	26994	34.40	27450
120-180	32.91	26510	32.77	26692	32.89	26527	32.81	26462	32.93	26932
0-60	31.42	27139	31.28	27080	31.32	27293	30.66	27942	31.38	27760
AVERAGE	32.87	26962	32.82	27044	32.86	27102	32.57	27132	32.90	27380

FIG. 26

[図27]

FRAME RANGE	DOH		HOD		BH		BV		MOE	
	SNR	BIT								
89-149	34.41	27018	34.48	26956	34.56	27137	34.49	26908	34.35	28333
120-180	32.94	25915	32.88	26805	32.94	26360	32.79	26283	32.97	26902
0-60	31.49	27519	31.27	27097	31.40	27289	30.60	27548	31.88	27754
AVERAGE	32.95	26817	32.87	26952	32.96	26928	32.63	26913	32.90	27663

FIG. 27

【図28】

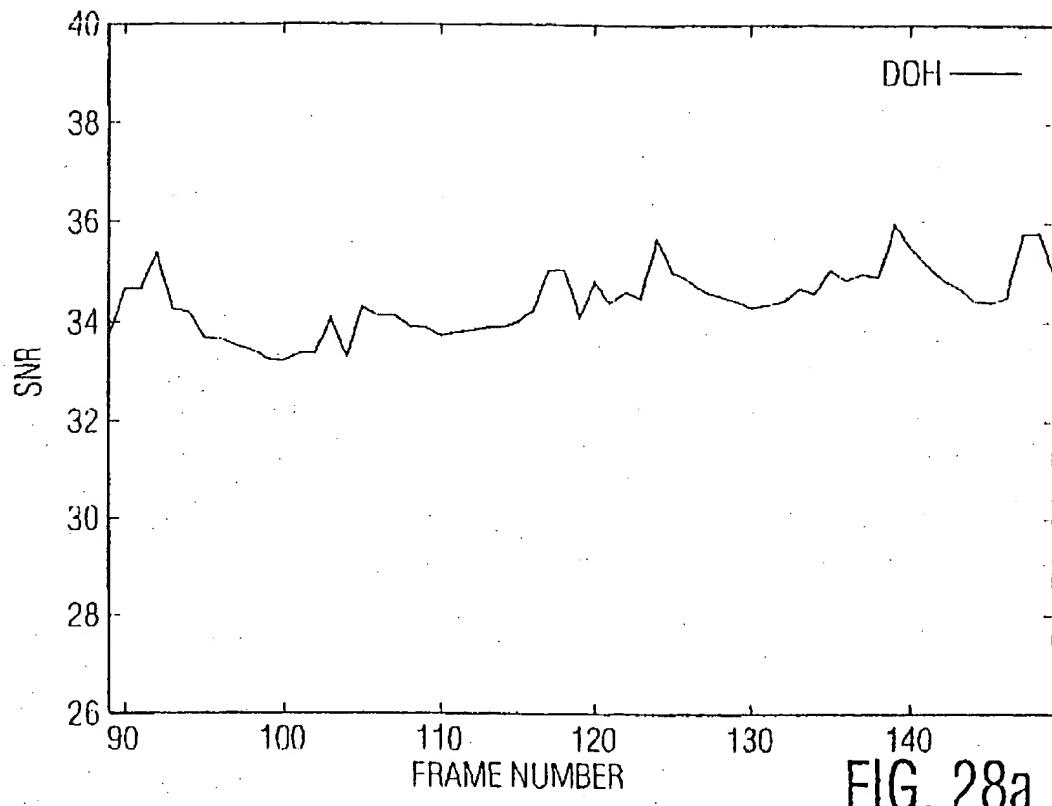


FIG. 28a

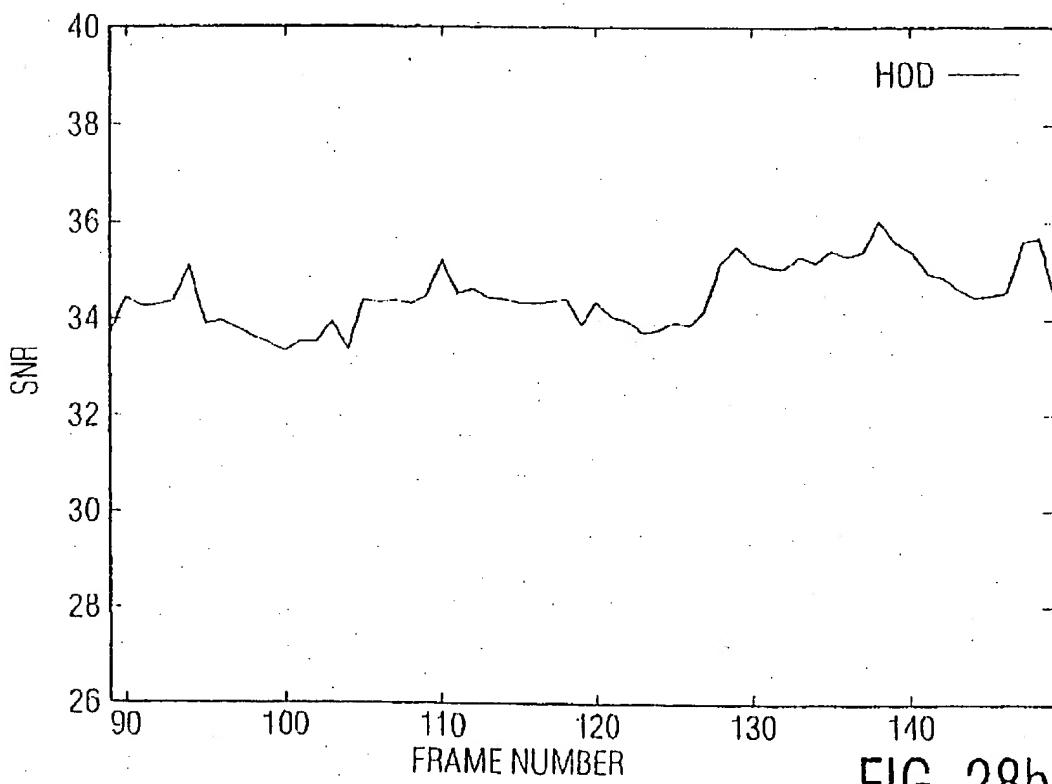


FIG. 28b

【図28】

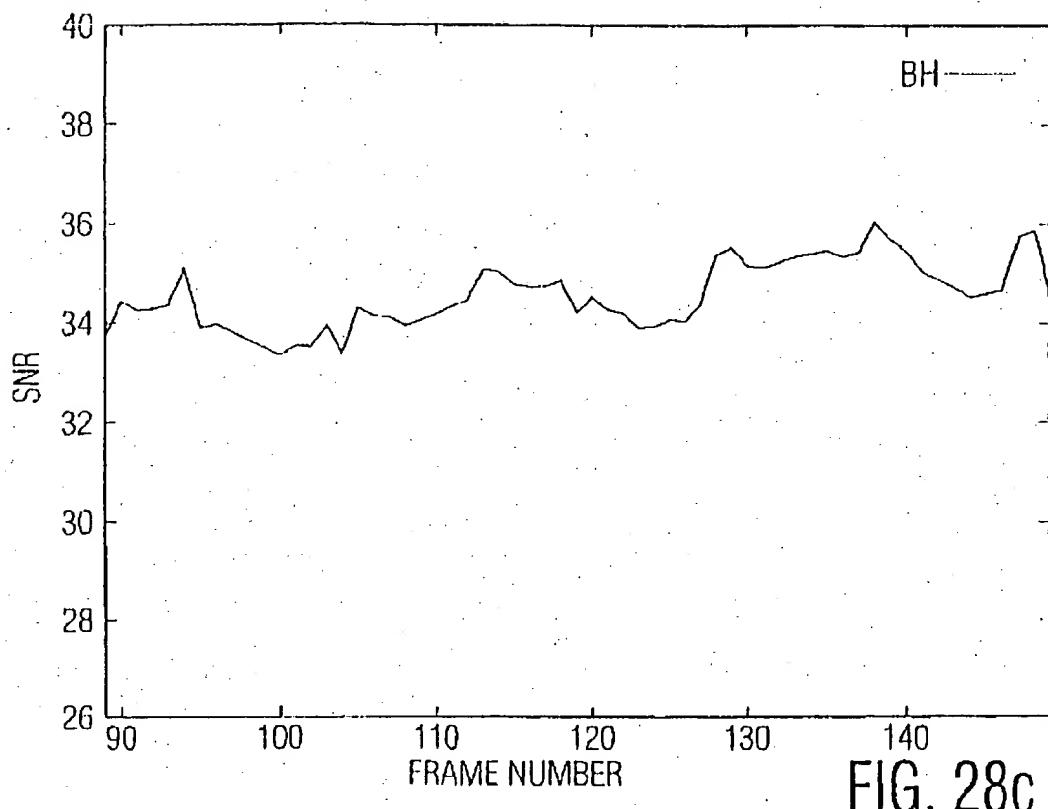


FIG. 28c

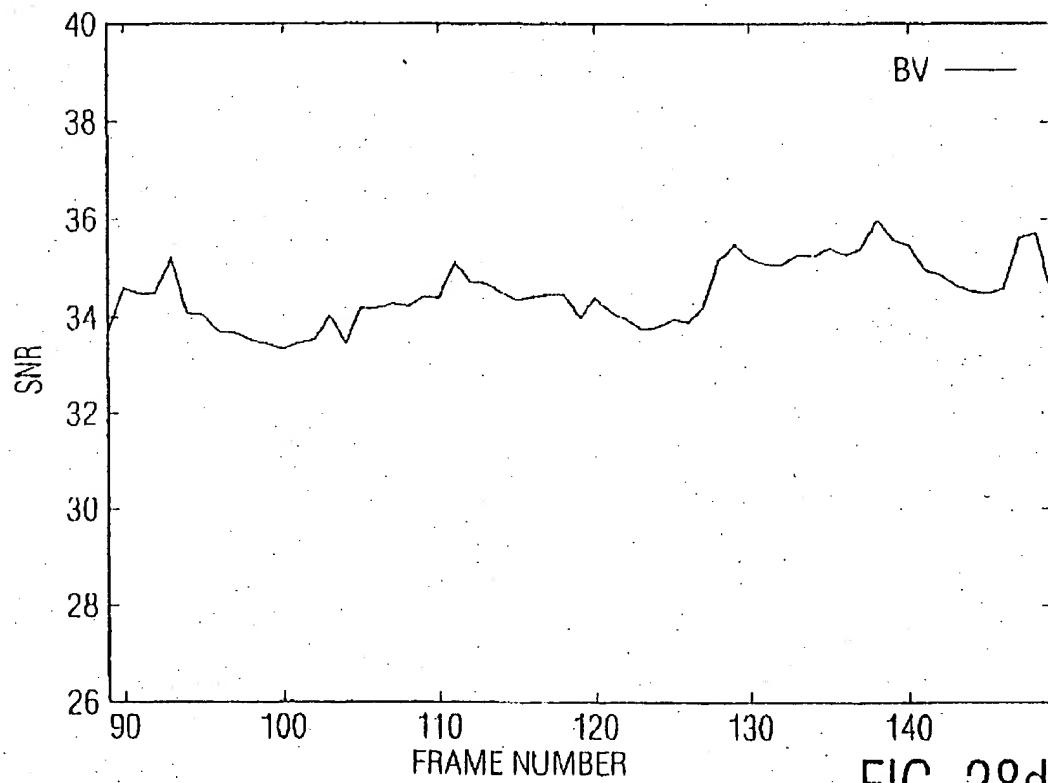


FIG. 28d

[図28]

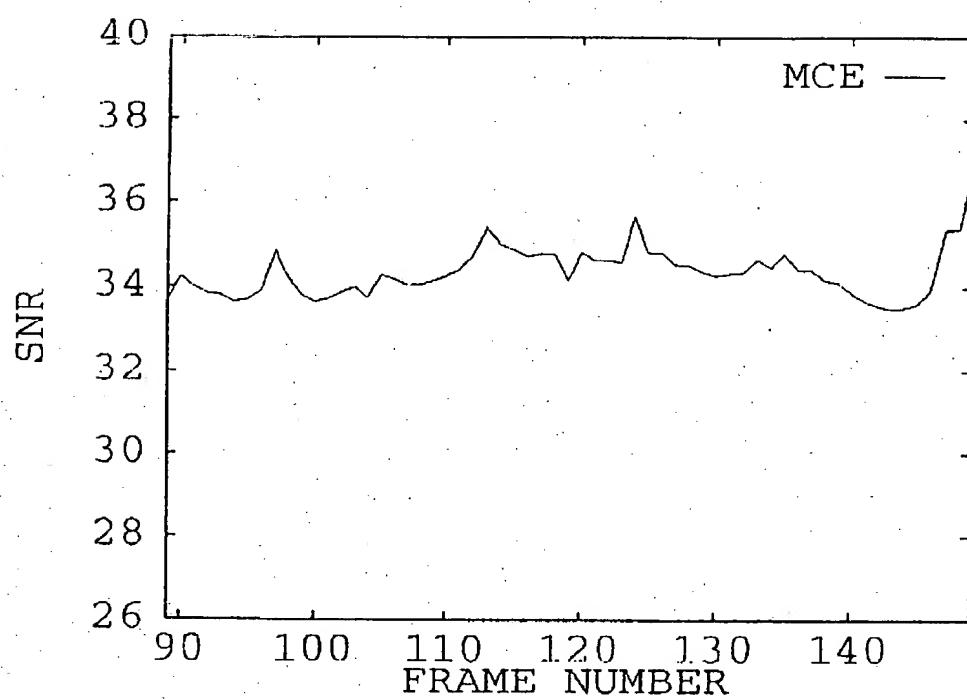


Fig. 28(e)

【図29】

FIG. 29(a)

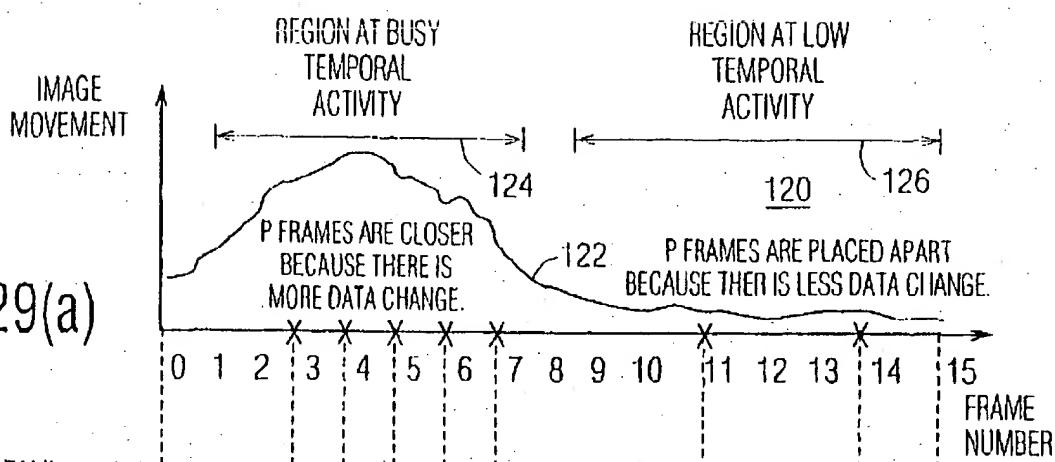


FIG. 29(b)

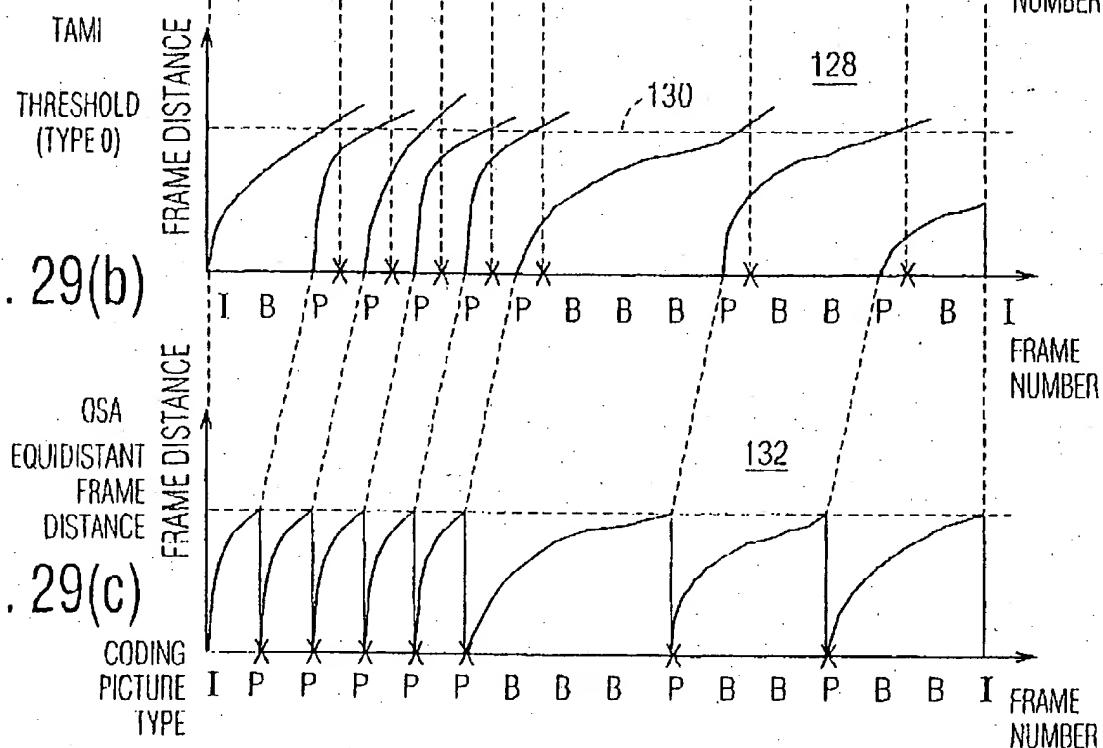
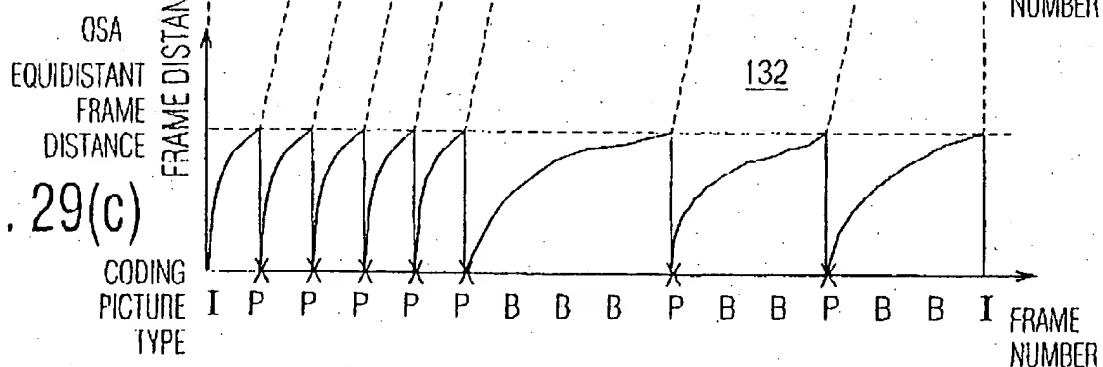


FIG. 29(c)



CODING PICTURE TYPE

【図30】

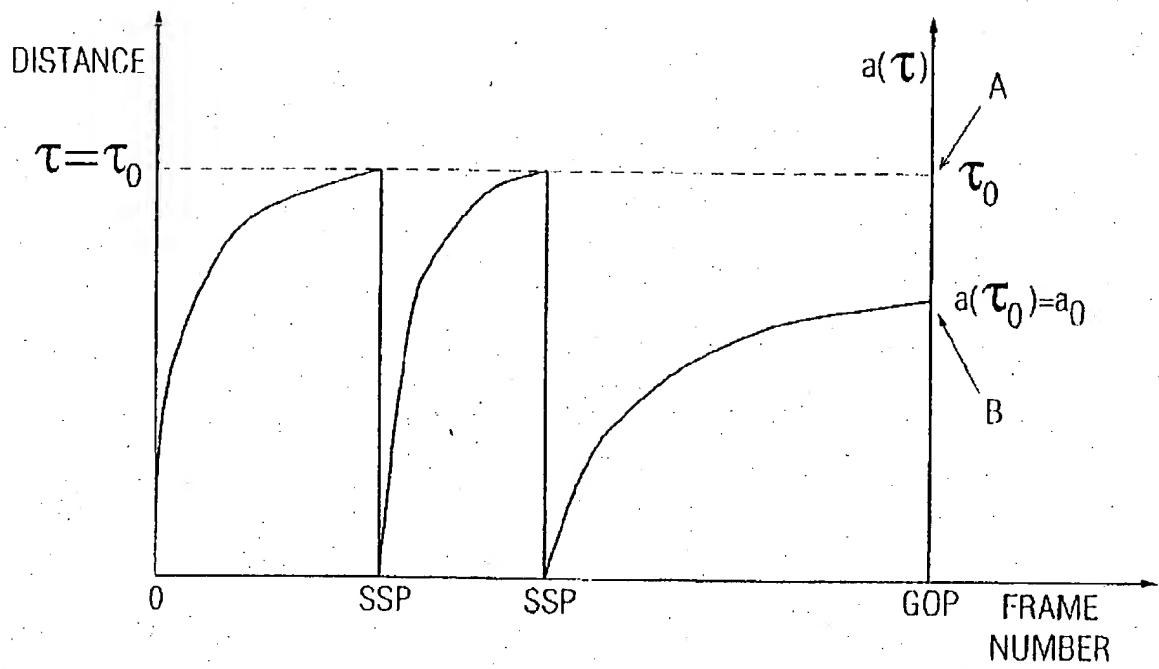


FIG. 30

【图 31】

BS E-TAMI

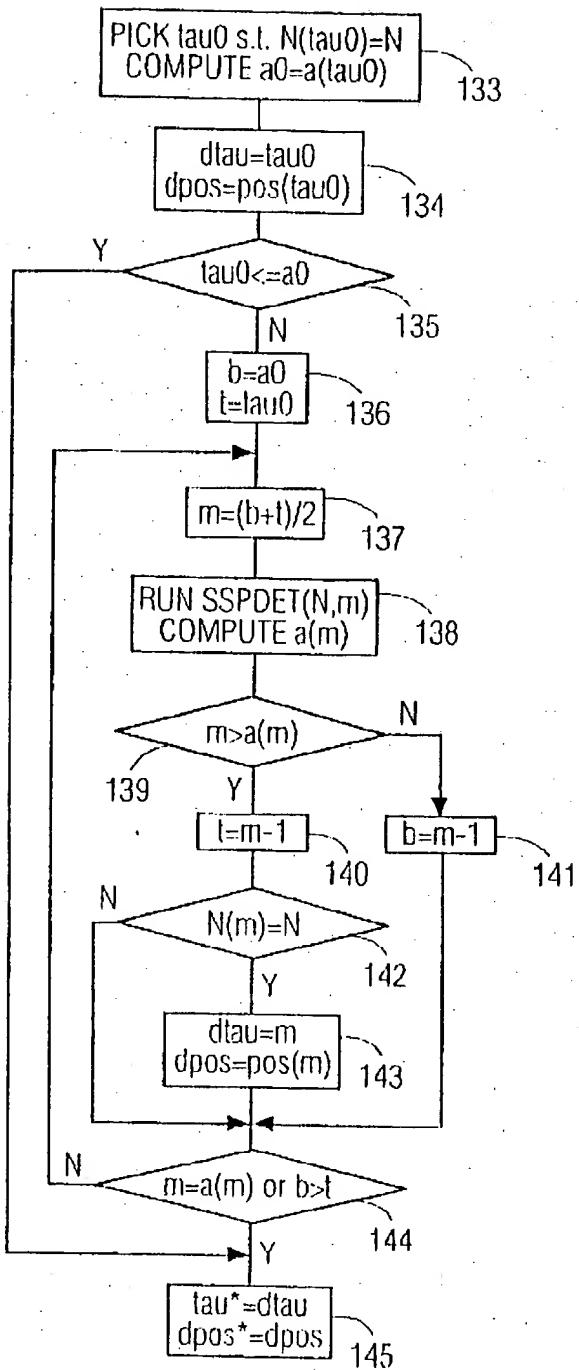


FIG. 31

【図32】

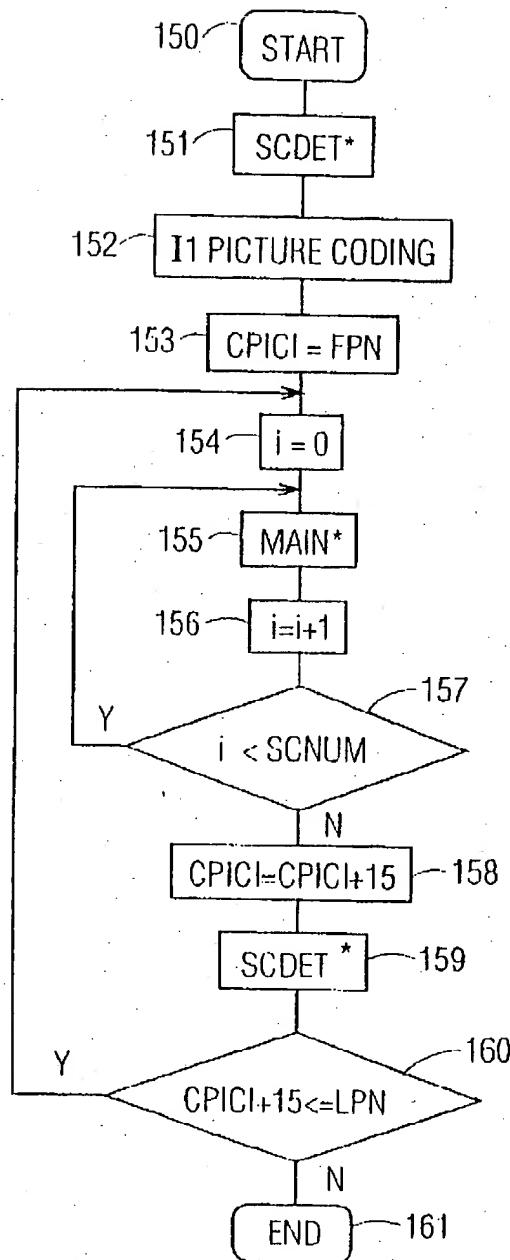


FIG. 32

【図33】

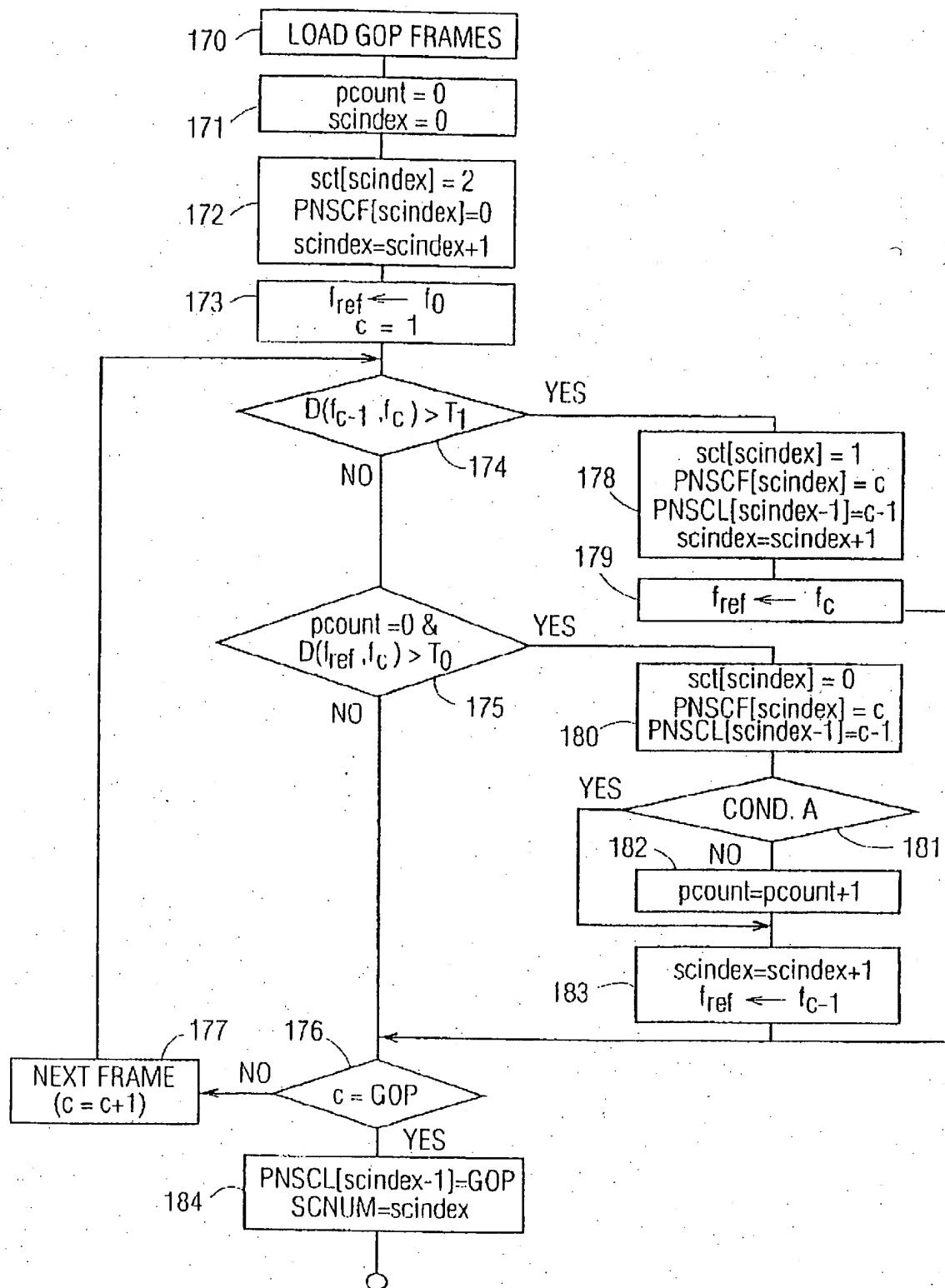


FIG. 33

【図34】

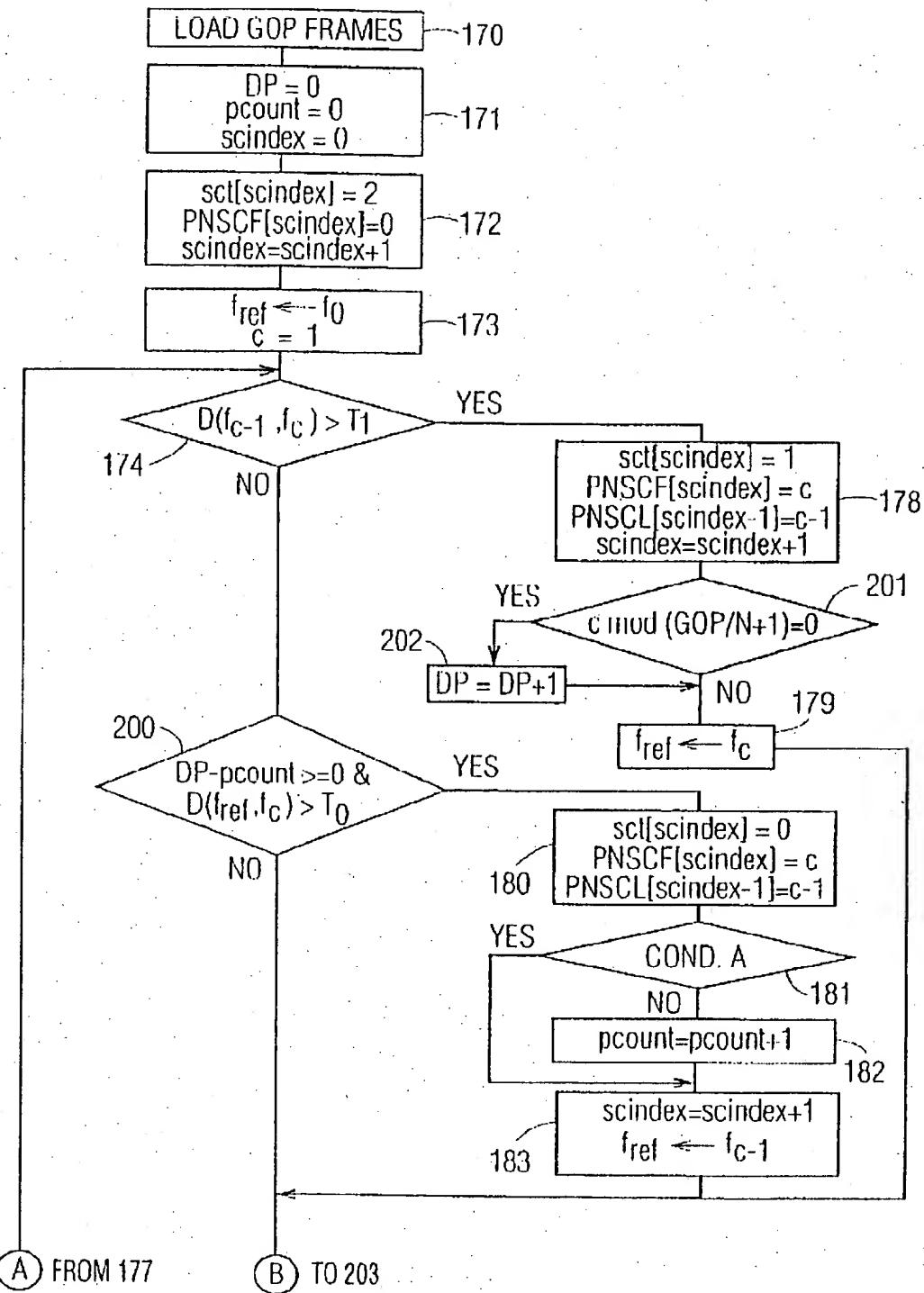


FIG. 34A

【図34】

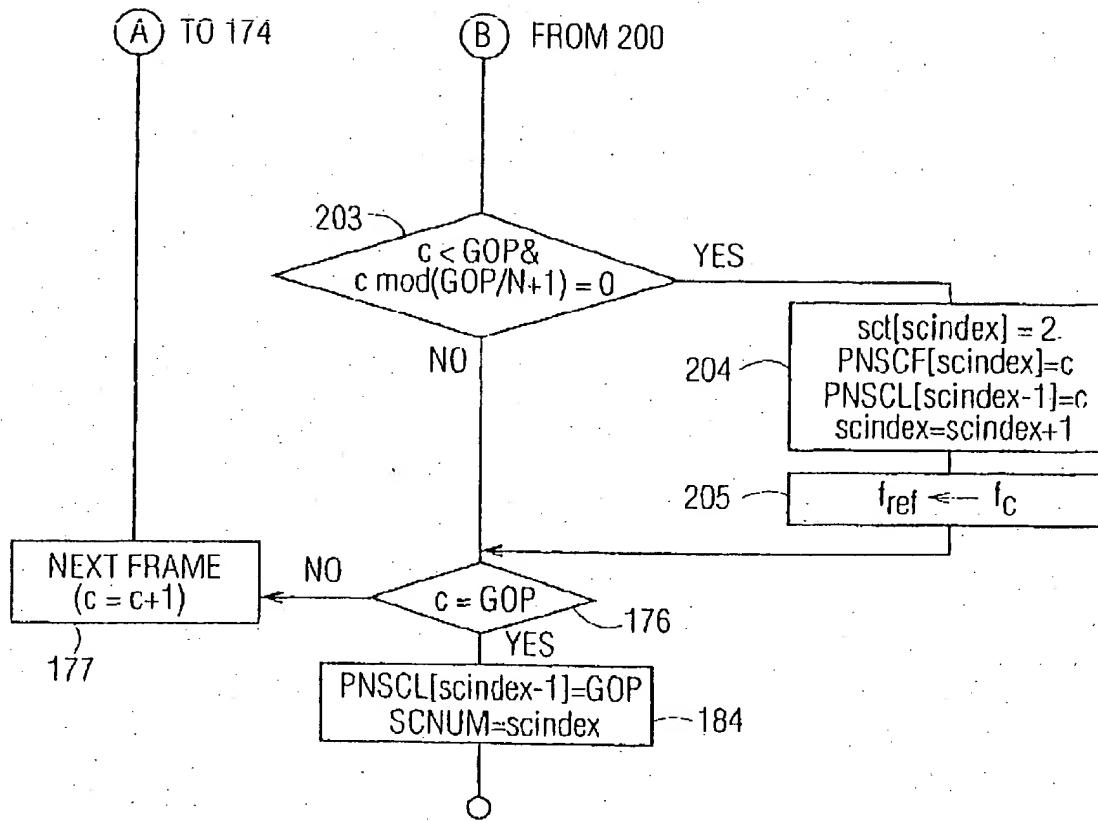


FIG. 34B

【図35】

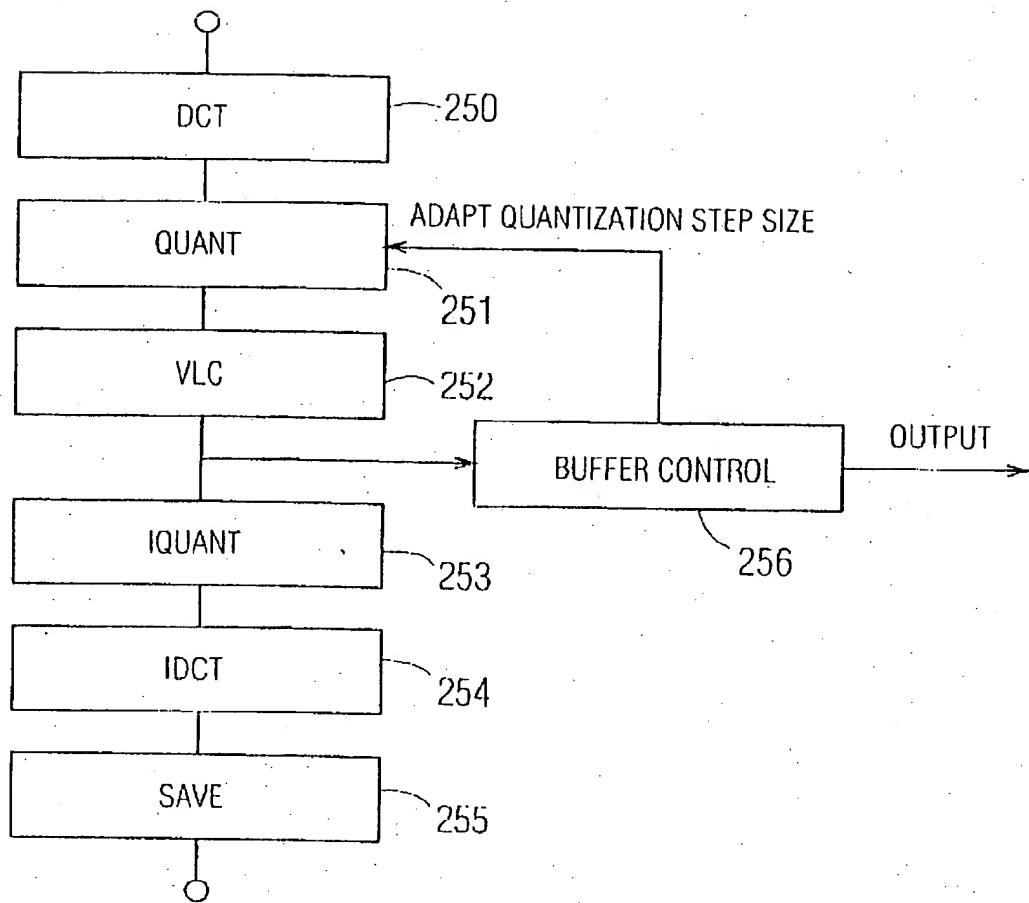


FIG. 35

[図36]

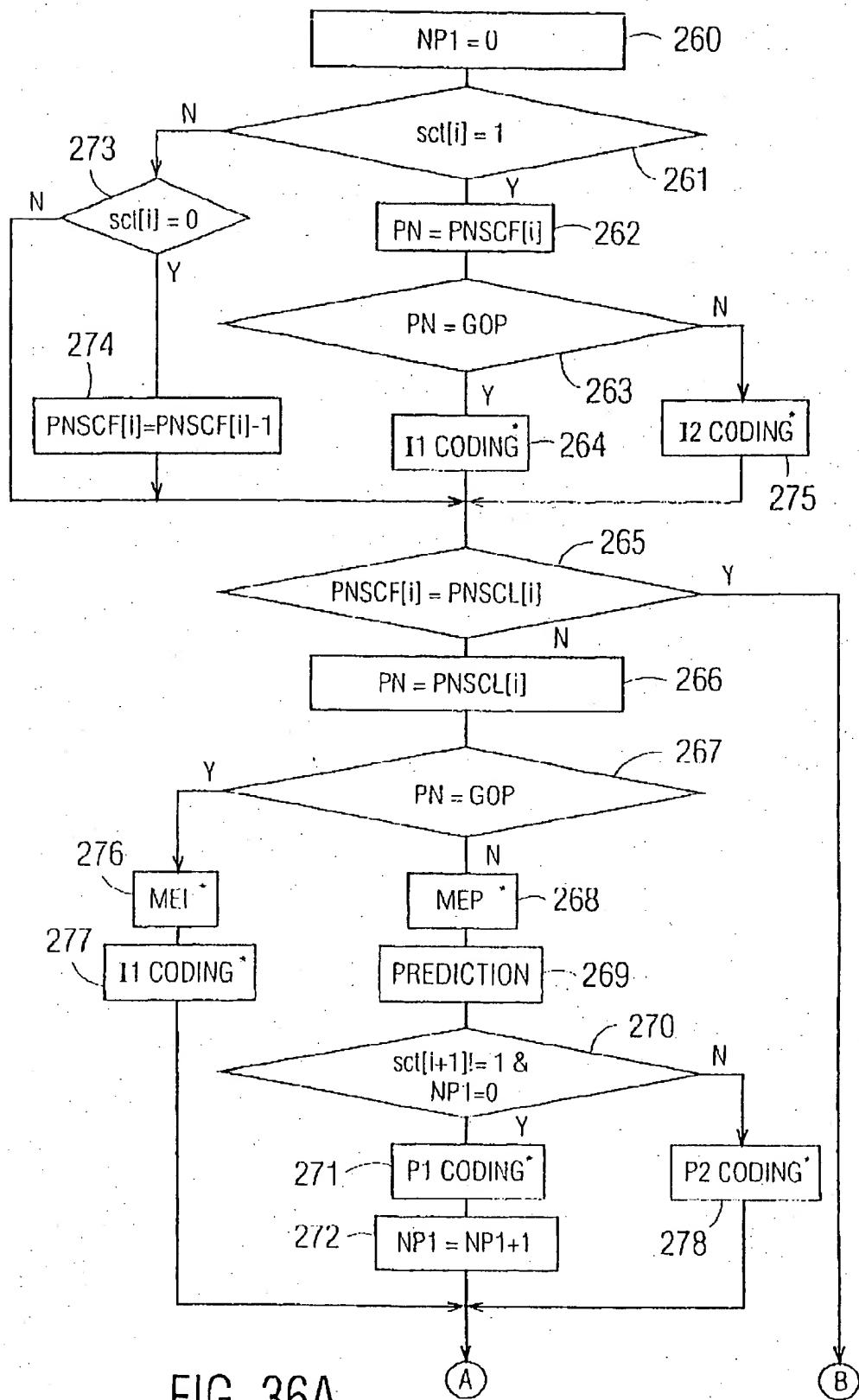


FIG. 36A

【図36】

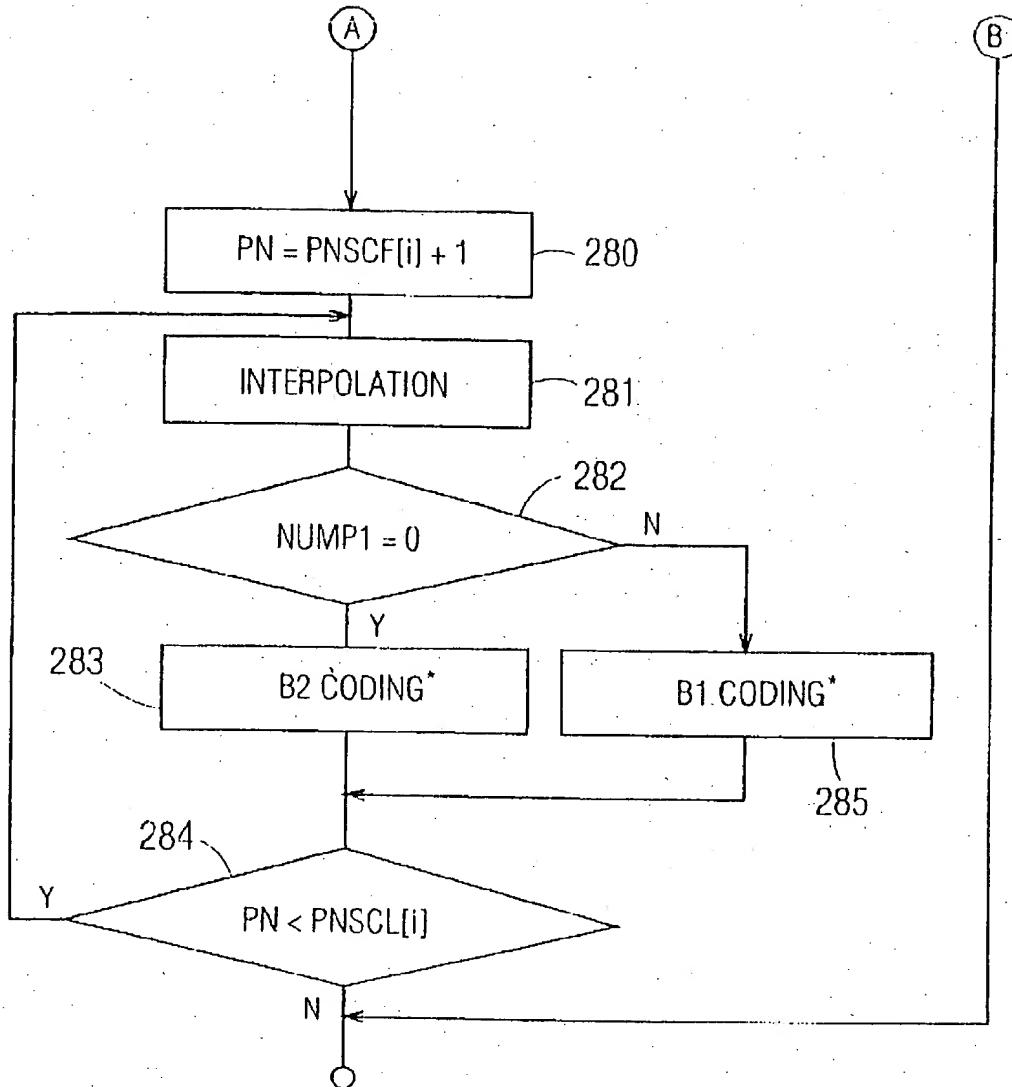


FIG. 36B

【図37】

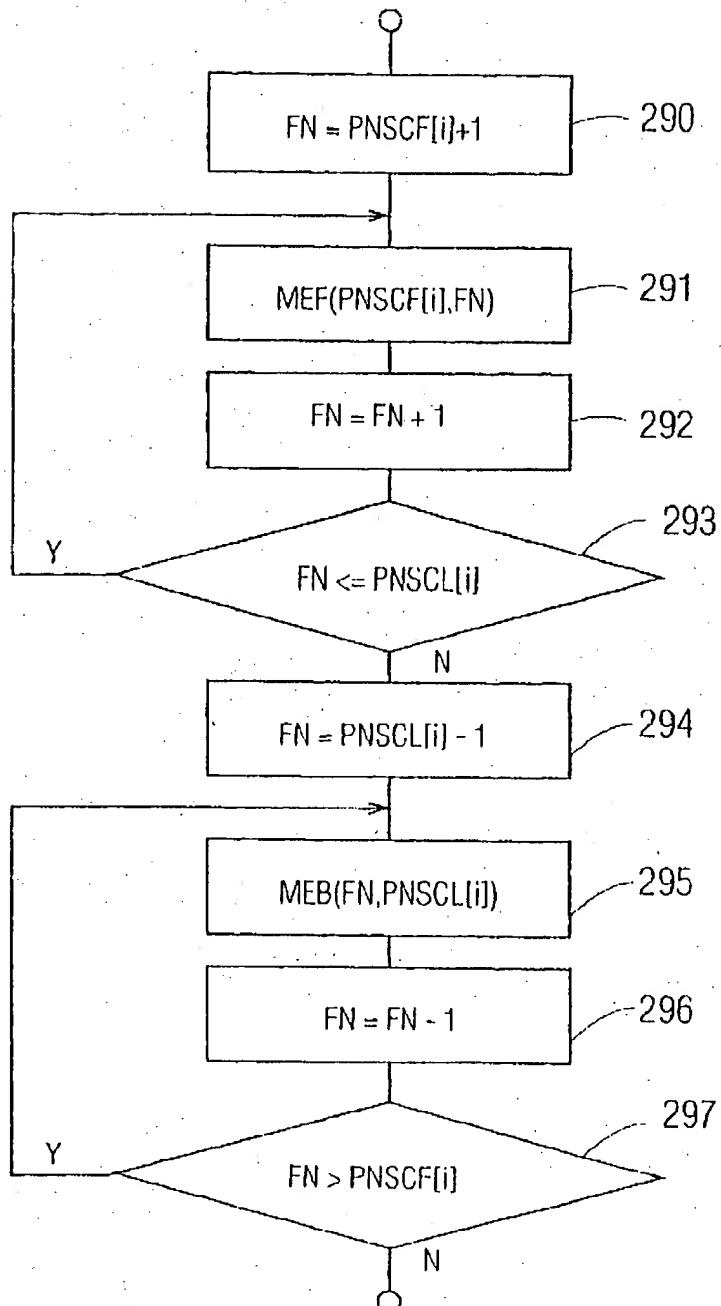


FIG. 37

【図38】

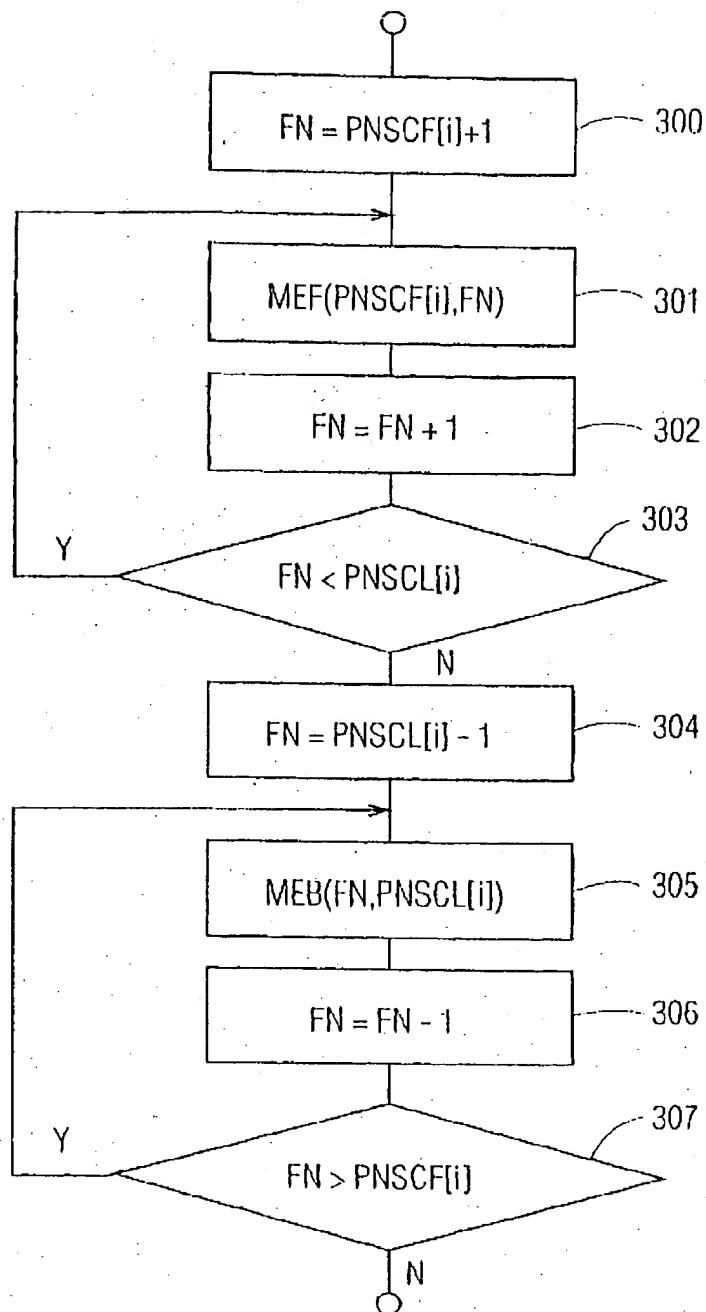


FIG. 38

【図39】

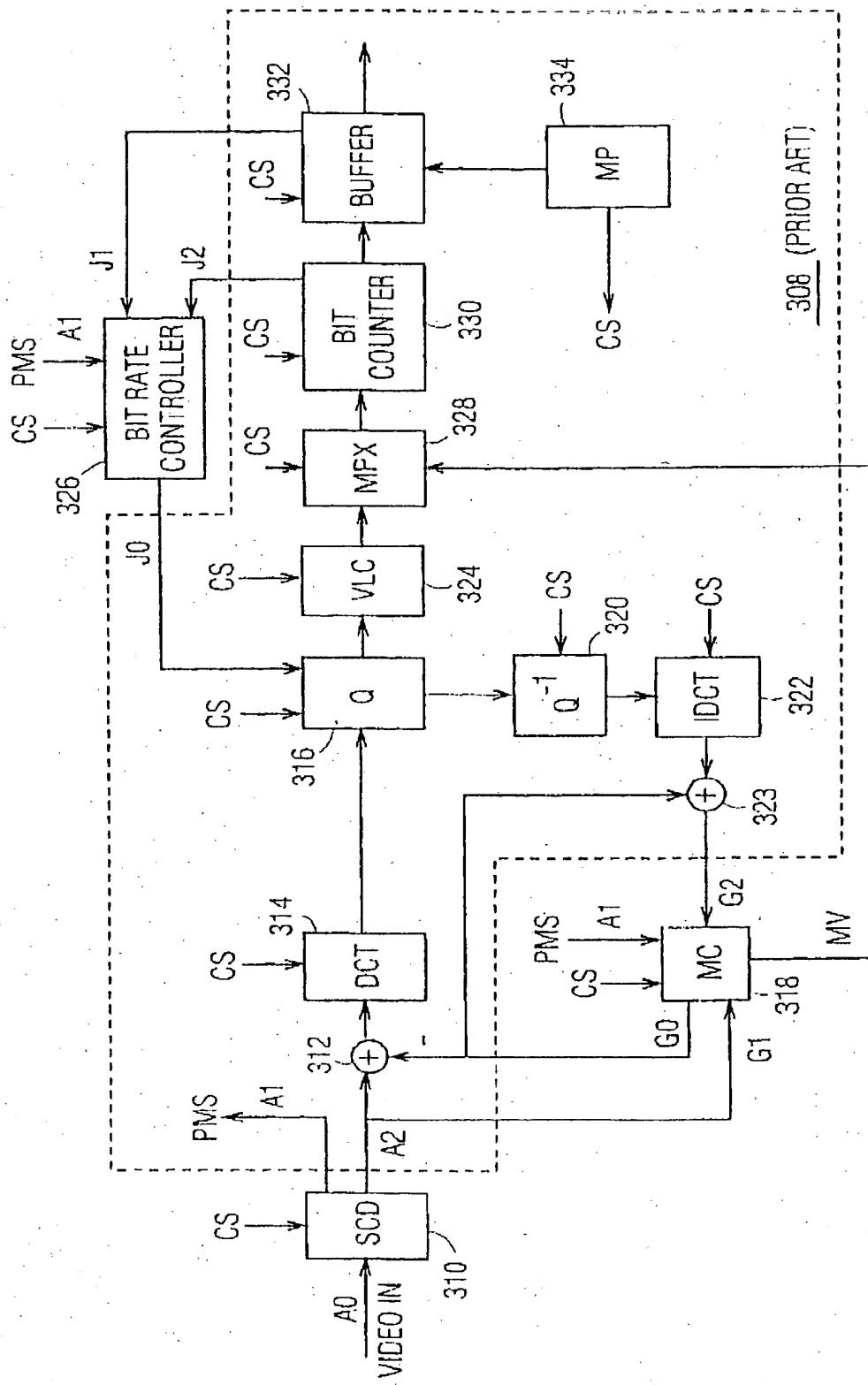


FIG. 39

[図40]

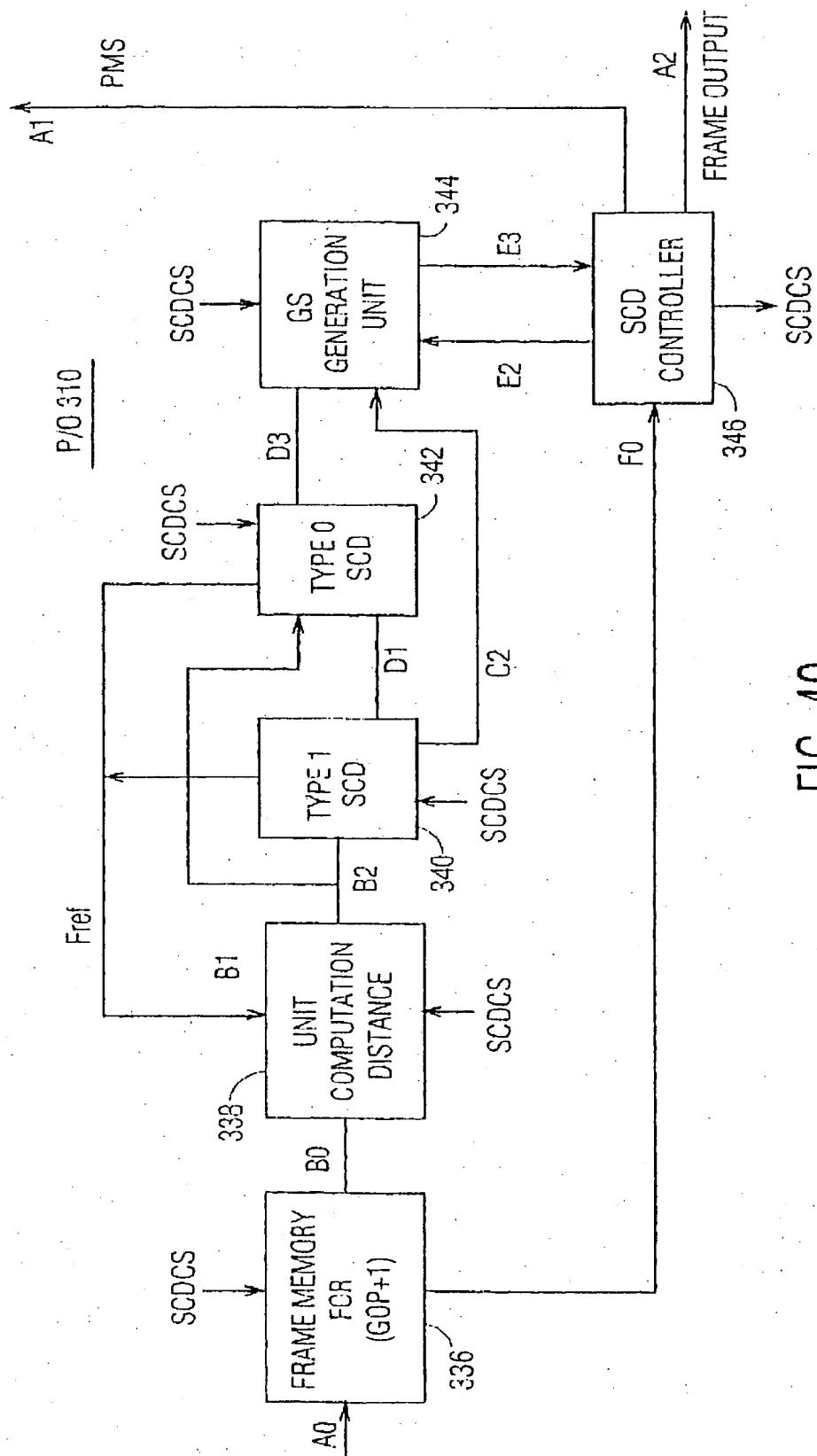


FIG. 40

【図41】

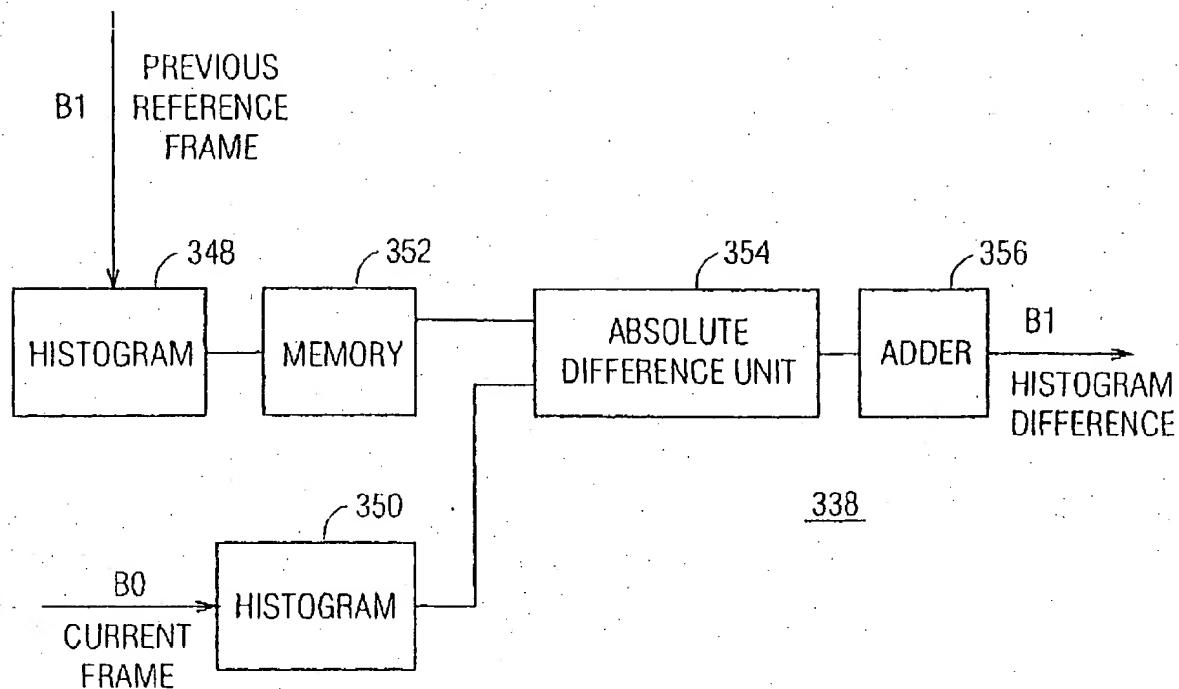


FIG. 41

【図4.2】

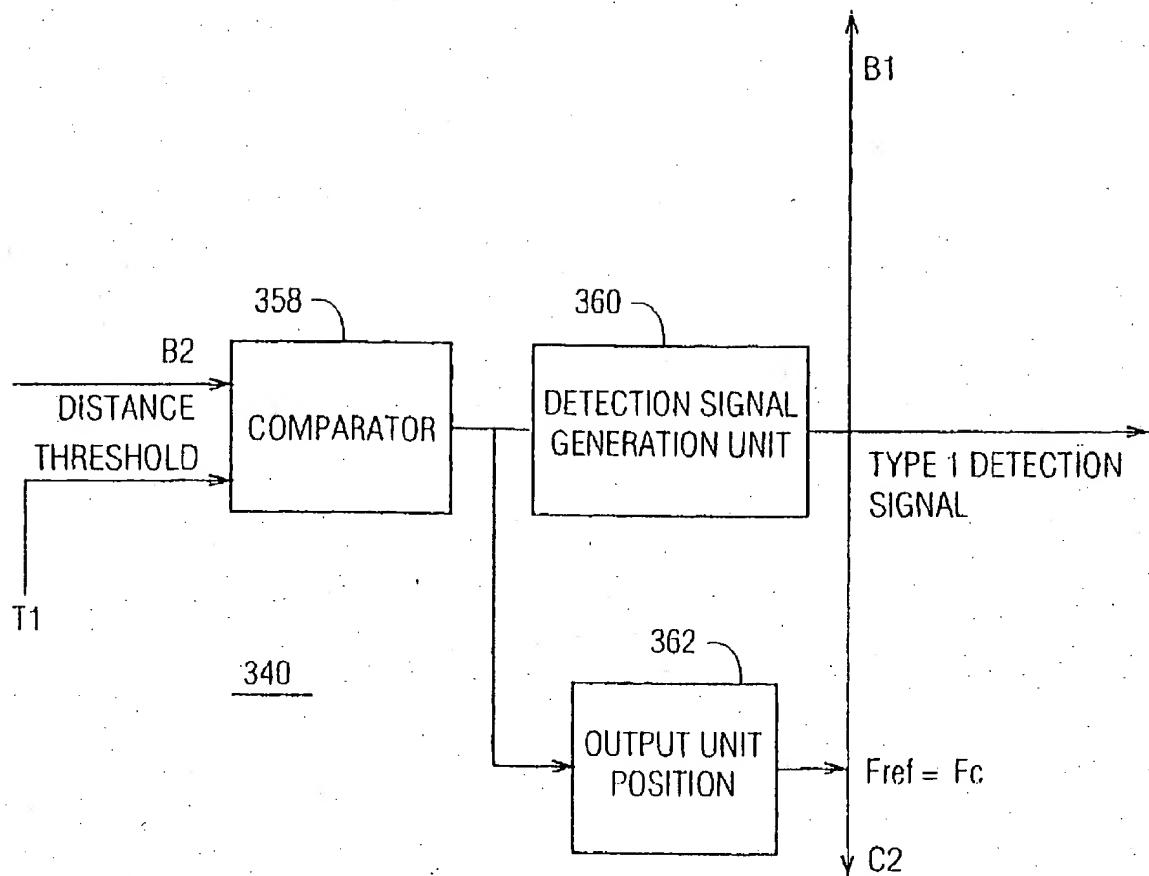


FIG. 42

【図43】

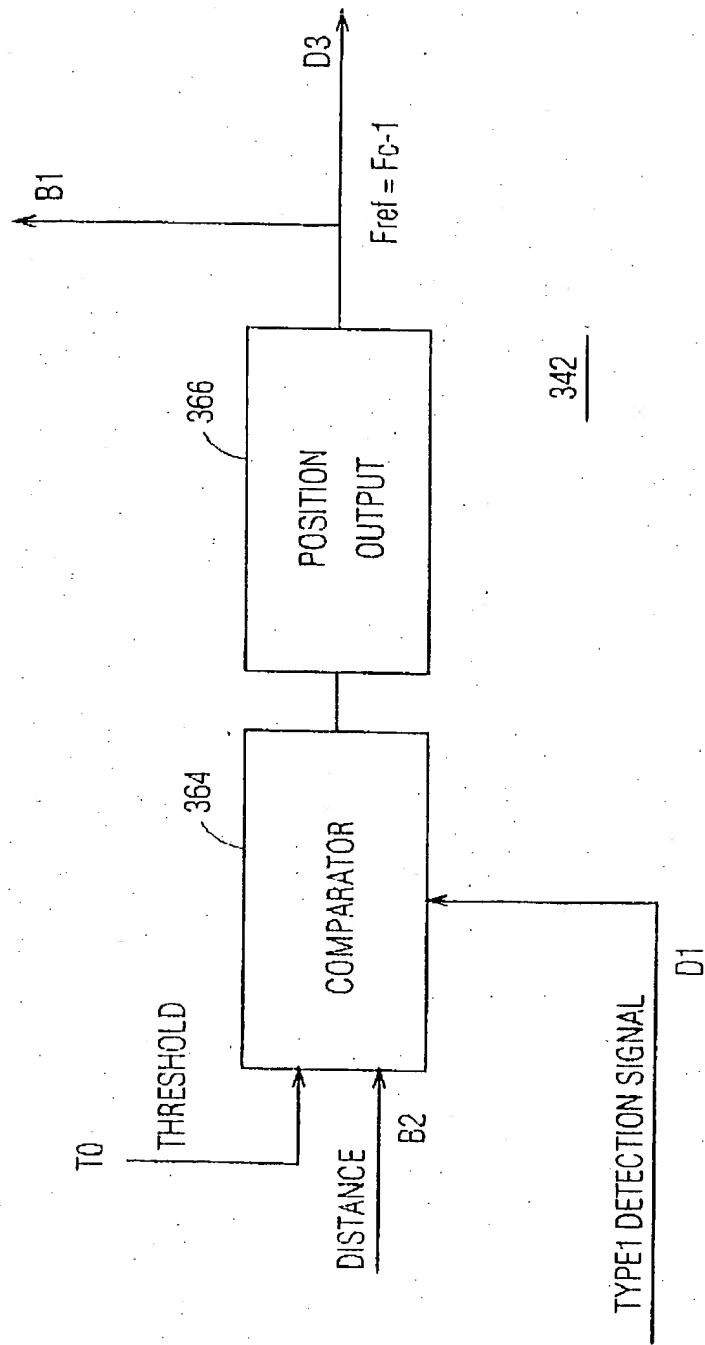


FIG. 43

【図44】

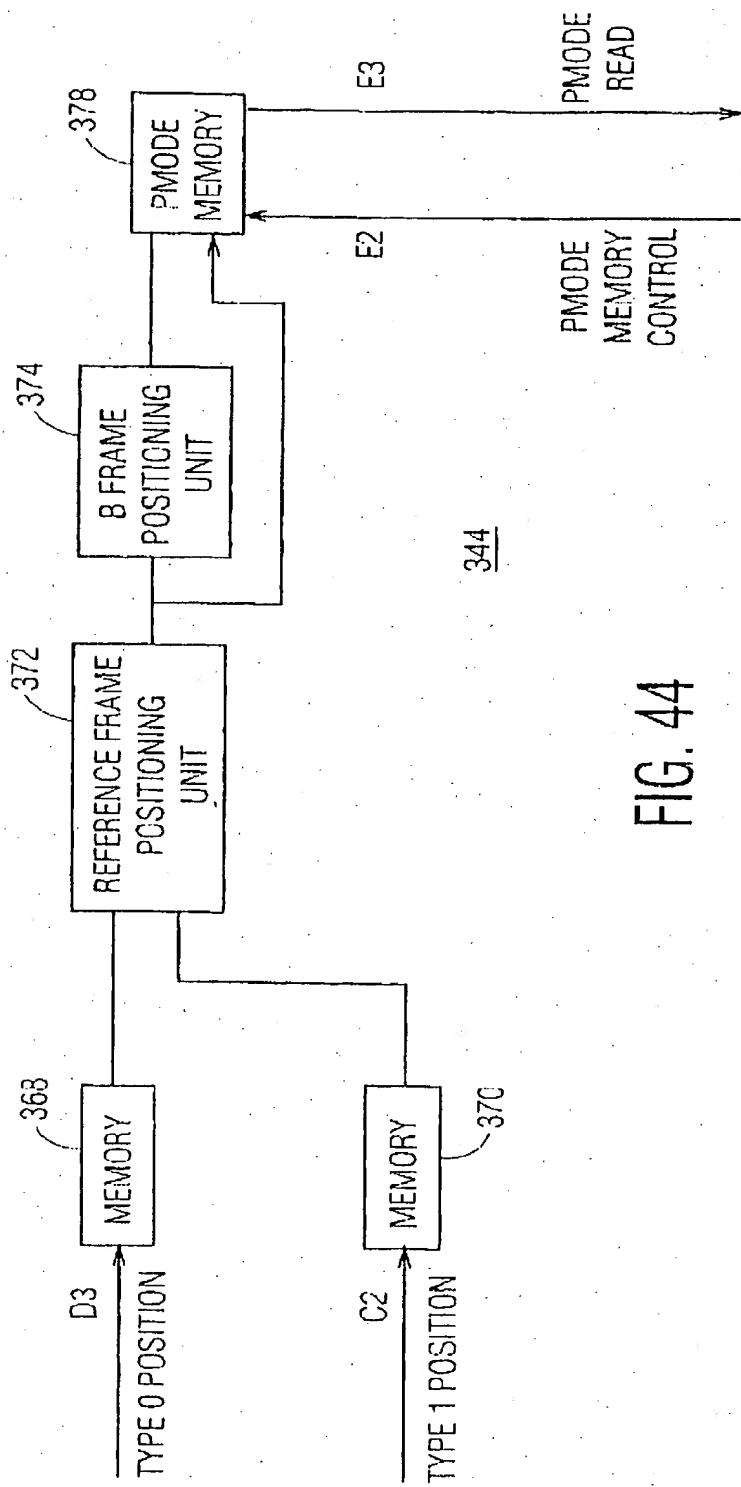


FIG. 44

【図45】

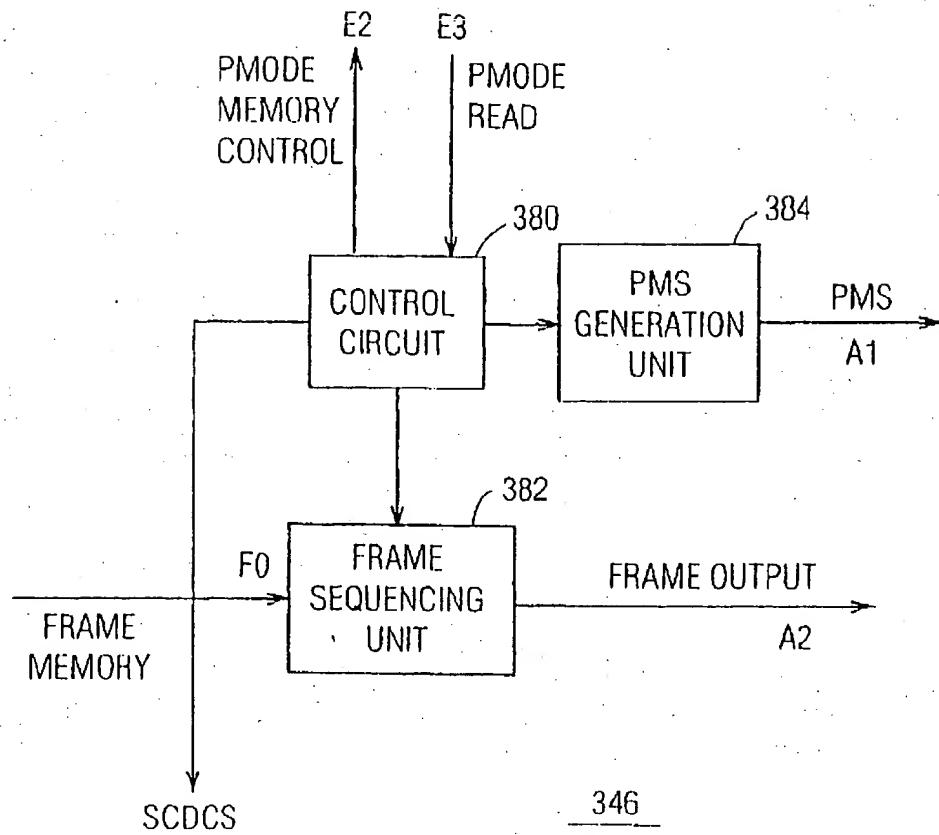


FIG. 45

[図46]

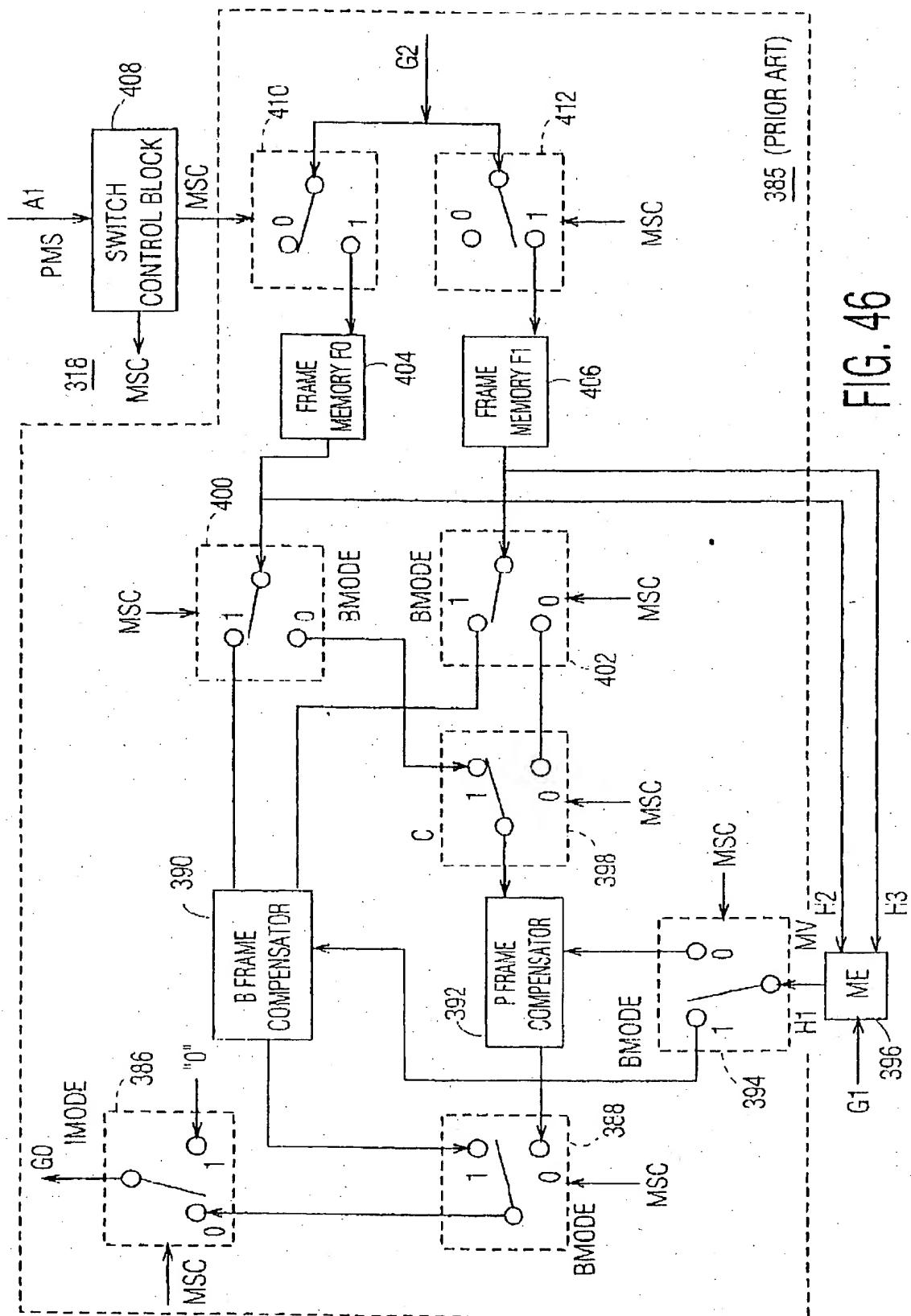


FIG. 46

【図47】

PMS	PMODE	IMODE	BMODE
0,1	I1,I2	1	0
2,3	P1,P2	0	0
4,5	B1,B2	0	1

414

FIG. 47

【図48】

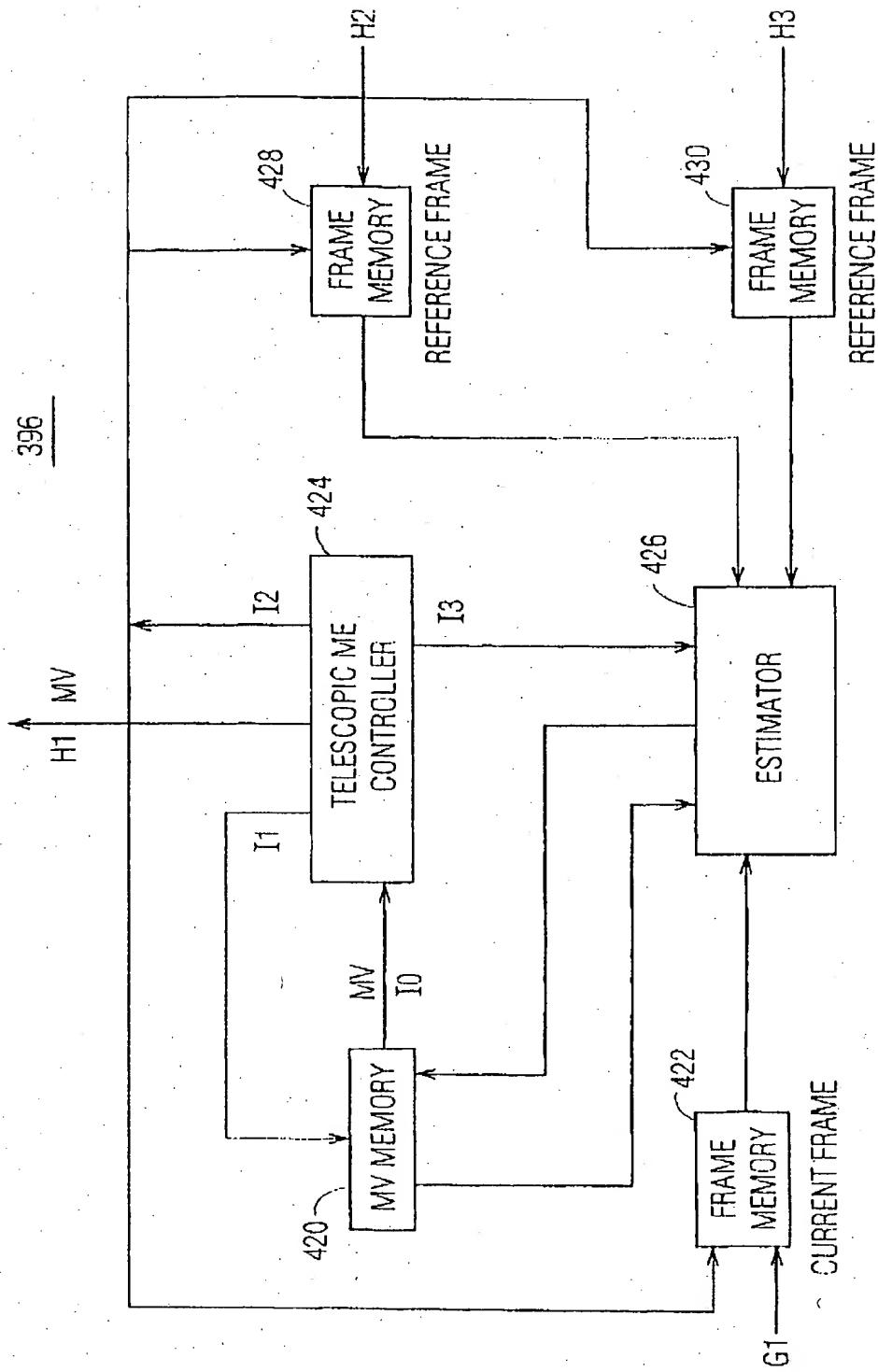


FIG. 48

【図4.9】

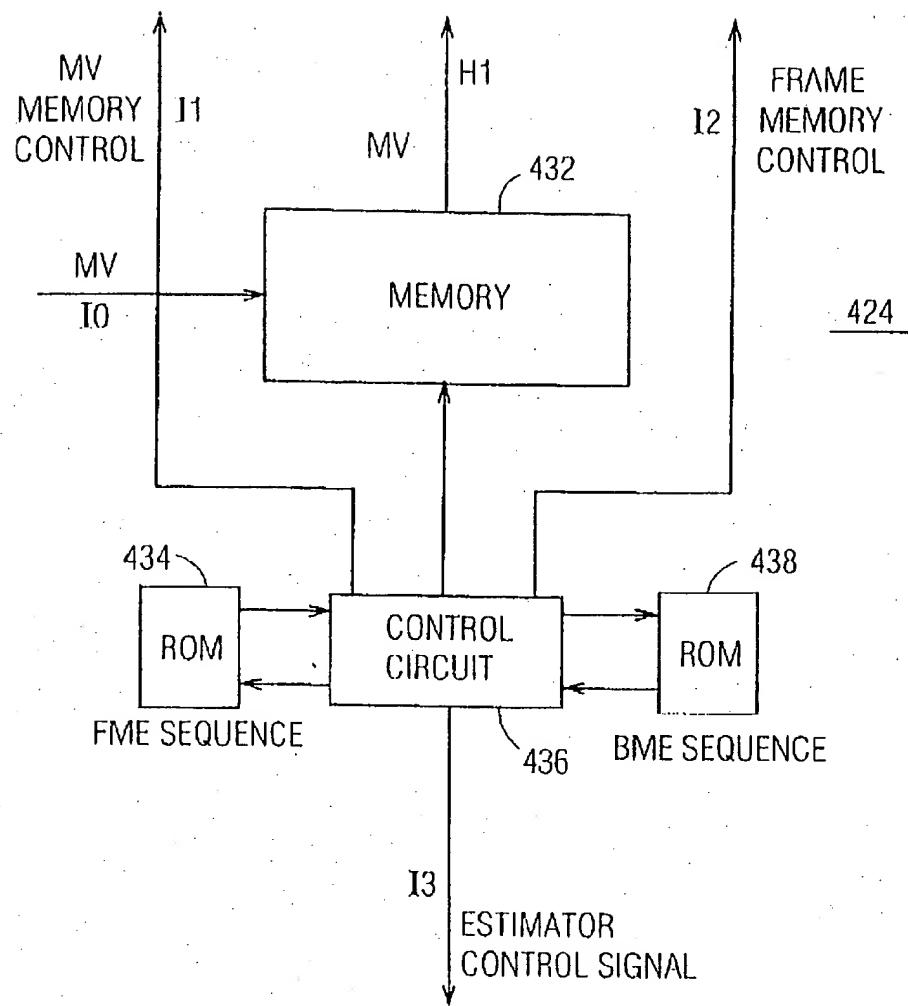
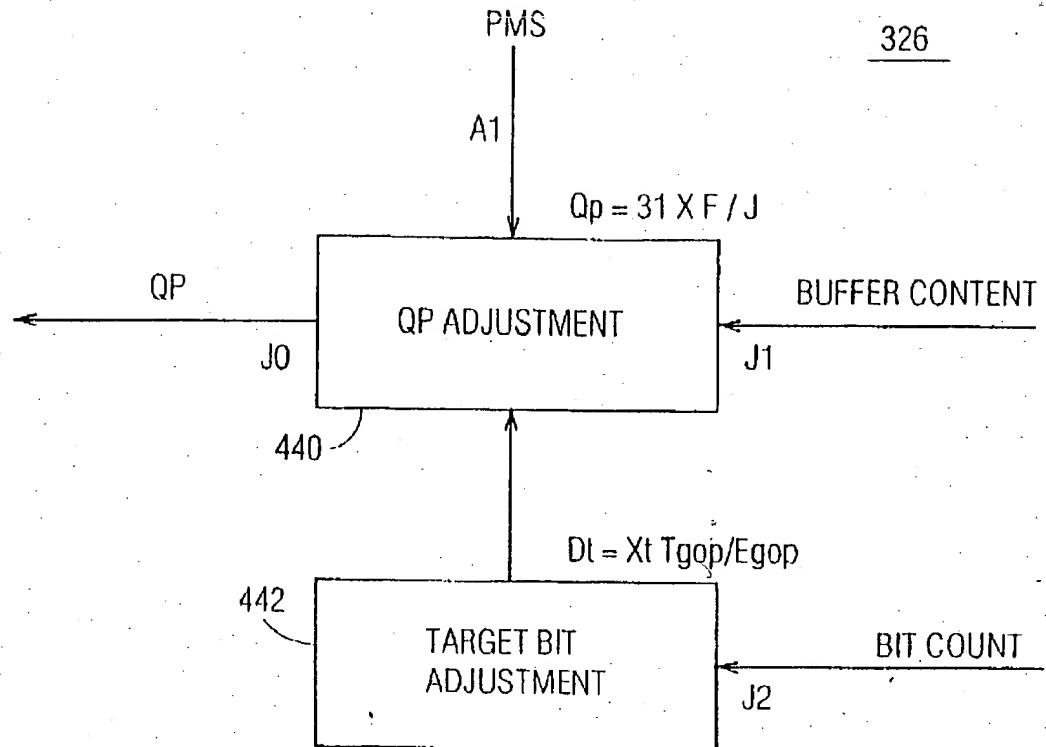


FIG. 49

【図50】



PMS	X
0	1
1	10
2	1
3	3
4	2
5	2

444

FIG. 50

【図51】

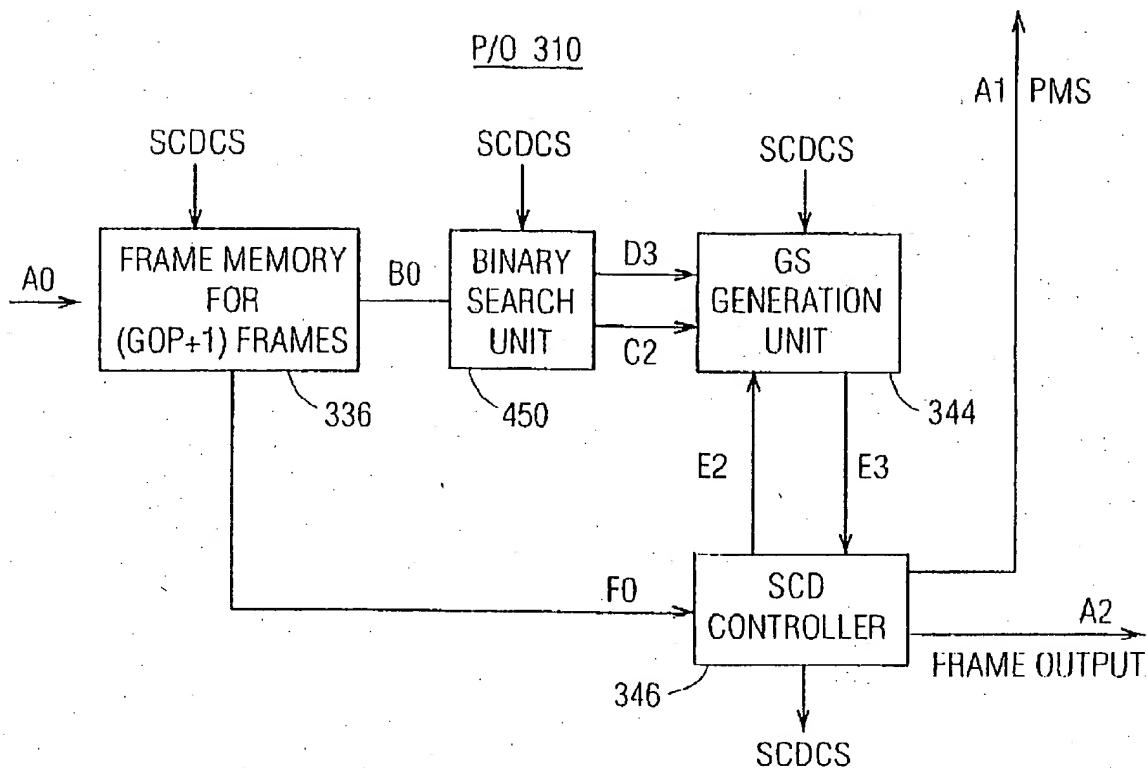


FIG. 51

【図52】

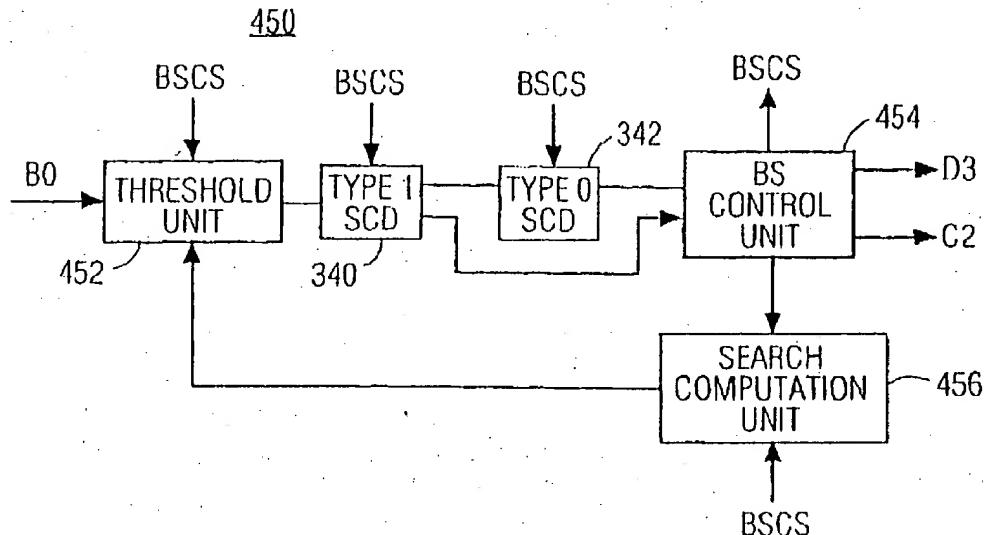


FIG. 52

【図53】

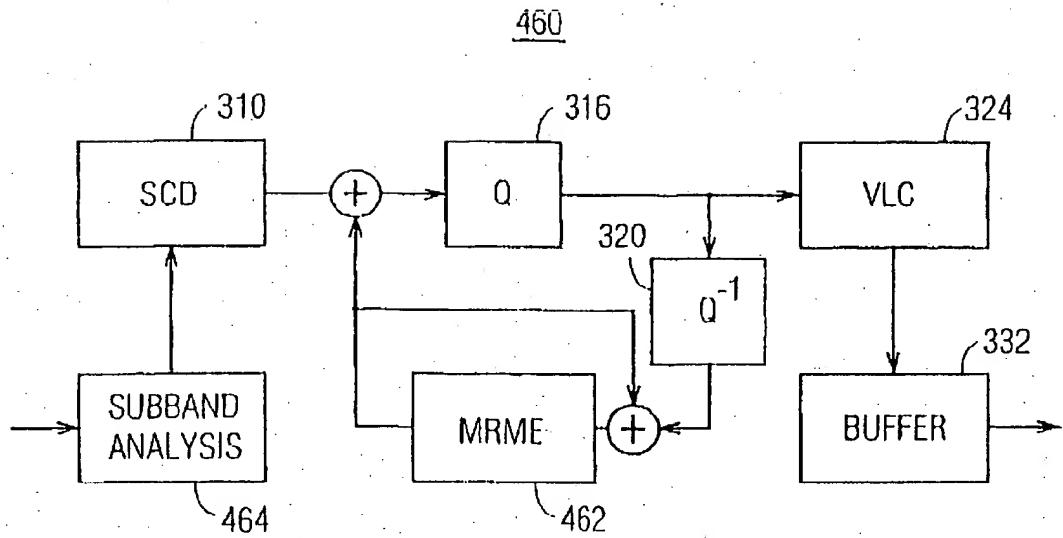


FIG. 53

【図54】

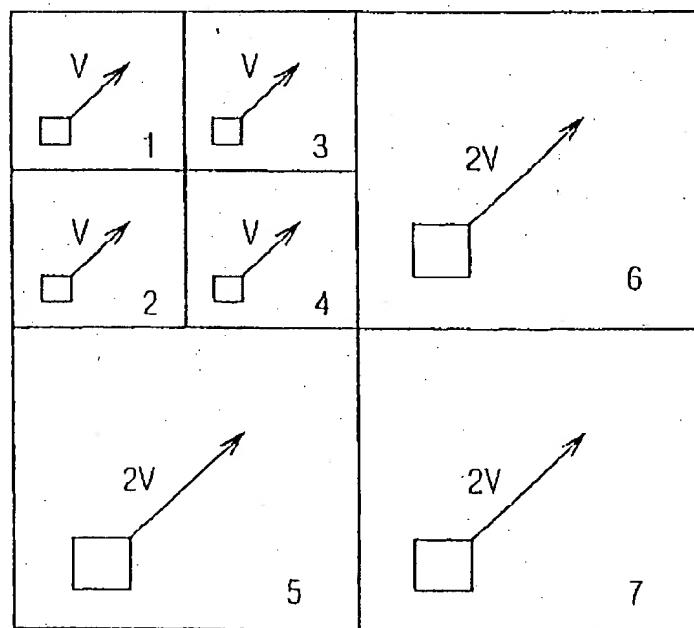


FIG. 54

【図55】

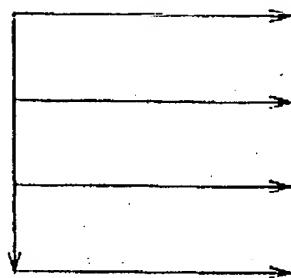


FIG. 55

【図56】

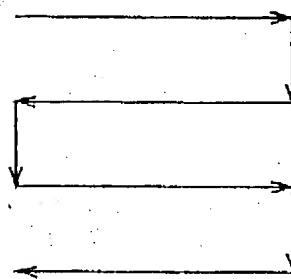


FIG. 56

【図57】

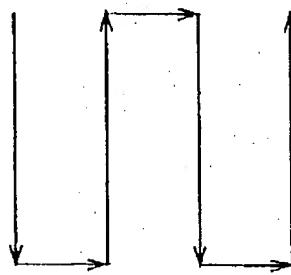


FIG. 57

【図58】

STATISTIC	FIXED		TAMI	
	YSNR	BIT	YSNR	BIT
TENNIS	30.41	33,302	31.34	34,031
FOOTBALL	29.43	33,925	30.12	33,696
AVERAGE	29.92	33,614	30.73	33,864

FIG. 58

【図59】

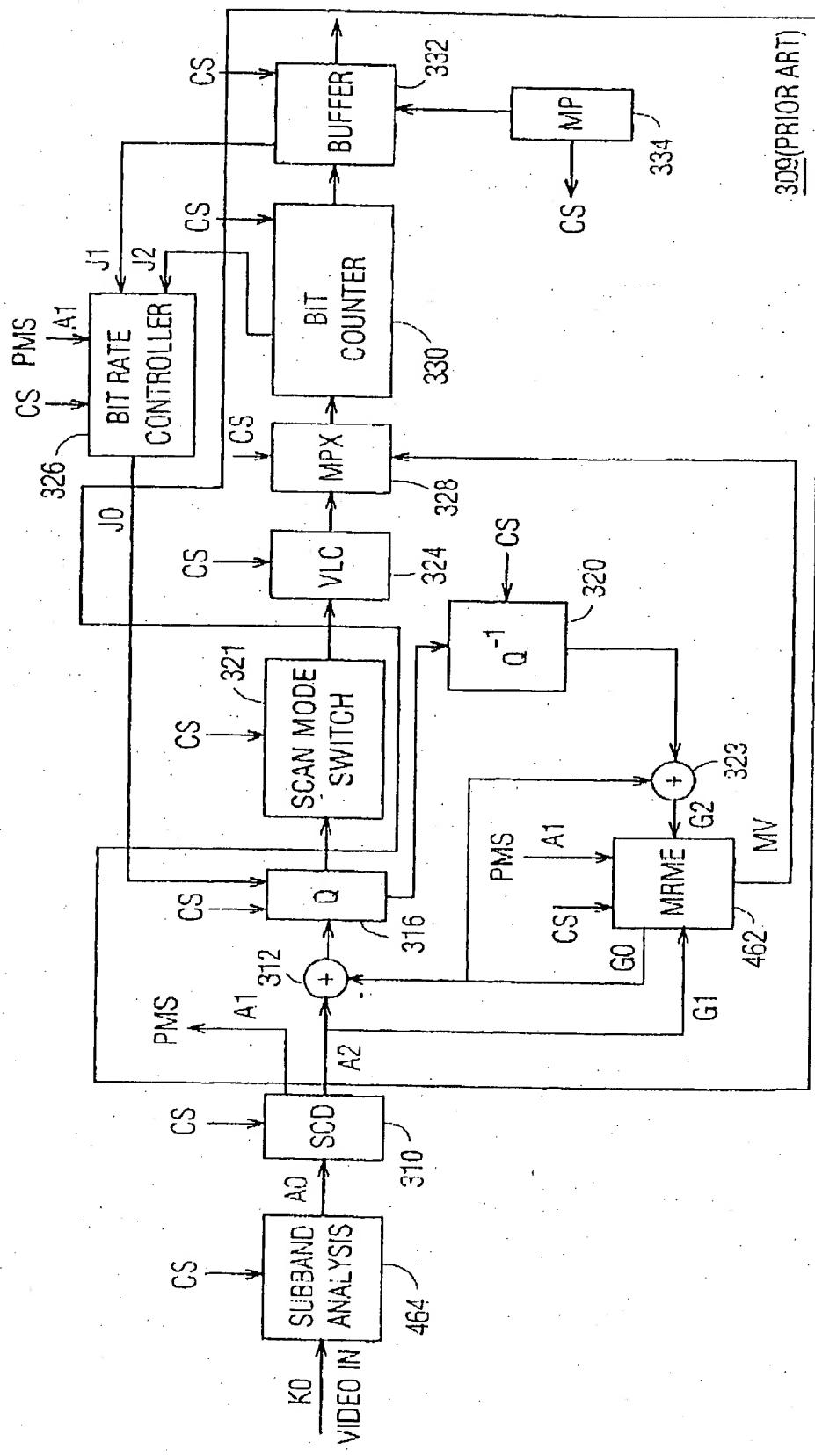
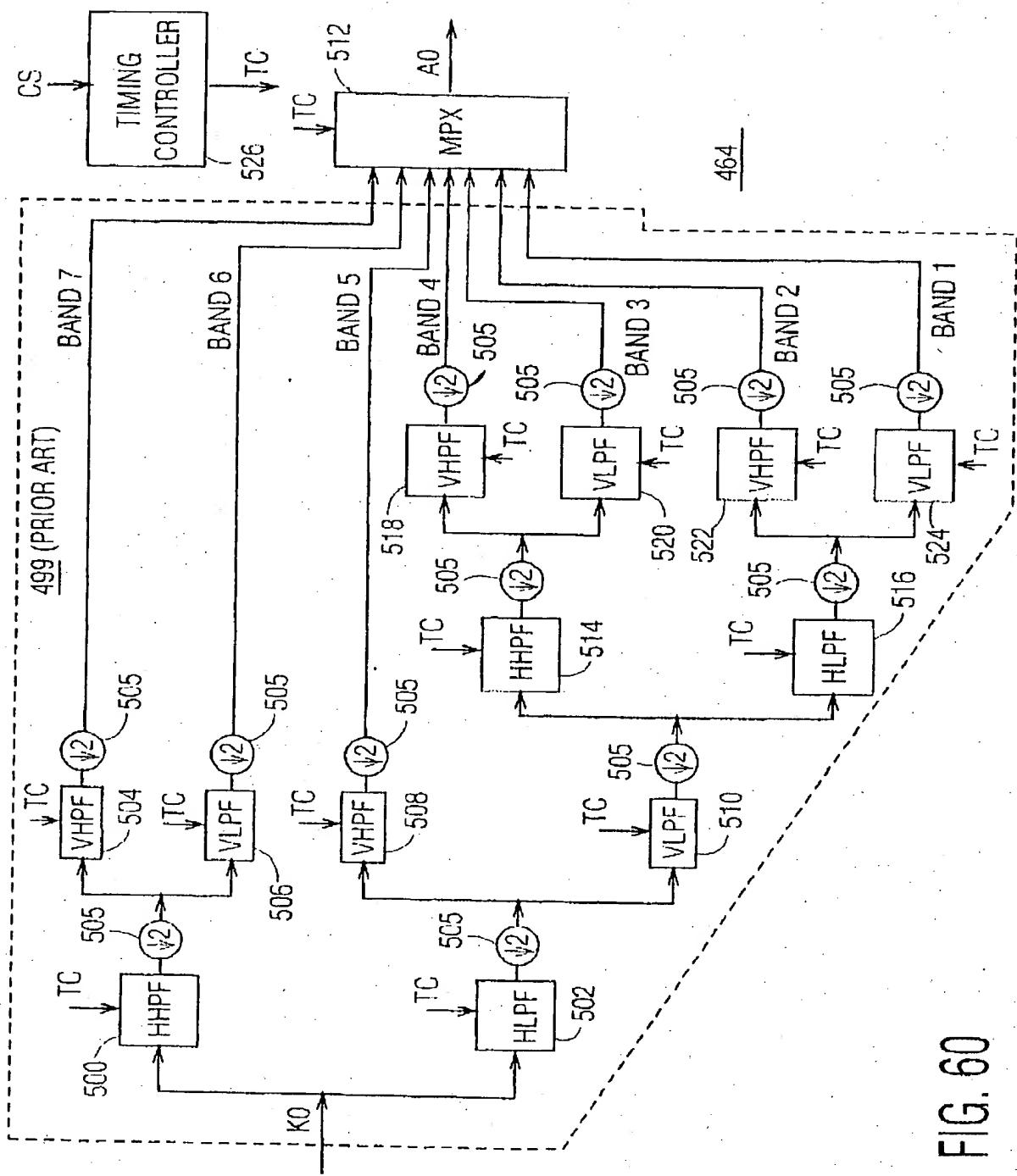


FIG. 59

【図60】



60

【手続補正書】特許法第184条の8第1項

【提出日】1996年3月19日

【補正内容】

補正請求の範囲

1. フレーム間の全体的な動きであるグローバルモーションの度合をビデオデータにおけるフレーム間について決定するステップと、

前記グローバルモーションの前記度合に基づいて基準フレームを割り当てるステップと、

基準フレーム間の時間的スペーシングを、フレーム間について測定されたグローバルモーションの度合に対し、人間の視覚における時間的マスキングと関係させて調節することで、ピクチャグループ（G O P）構造を決定するステップと、を含むビデオデータ圧縮方法。

4. 前記しきい値設定ステップは、

前記一対の連続フレーム間の1型画面変化を、一対の連続フレーム間の測定された動きが実質的な画面乃至ピクチャの変化に関する T_1 しきい値で定められる値を超える場合に生じるものとして指定するステップと、

1型画面変化の測定された動きの値を確定するのに続き、最初に生じるフレーム乃至先行するフレームをP2フレームと指定して確定し、また2番目に生じるフレーム乃至後のフレームを12フレームと指定して確定し、それぞれを前記割り当てステップによる所定のビットレートとするステップと、
をさらに含む請求の範囲2に記載のビデオデータ圧縮方法。

5. 前記しきい値設定ステップは、

前記一対の連続フレーム間の0型画面変化を、一対の連続フレーム間の測定された動きが実質的な画面乃至ピクチャの変化に関する T_0 しきい値で定められる値を超える場合に生じるものとして指定して確定するステップと、

直前の基準フレームと連続フレームからの積算した動きが T_0 しきい値を越えるときを検出し、前記連続フレームの直前のフレームを、前記割り当てステップによる所定のビットレートの基準フレームであるP1フレームと指定して確定するステップと、

をさらに含む請求の範囲2に記載のビデオデータ圧縮方法。

6. 前記しきい値設定ステップは、

前記一対の連続フレーム間のO型画面変化を、一対の連続フレーム間の測定された動きが実質的な画面乃至ピクチャに関する T_0 しきい値で定められる値を超える場合に生じるものとして指定するステップと、

直前の基準フレームと連続フレームからの積算した動きが T_0 しきい値を越えるときを検出し、前記連続フレームの直前のフレームを、前記割り当てステップによる所定のビットレートの基準フレームであるP1フレームと指定して確定するステップと、

をさらに含む請求の範囲4に記載のビデオデータ圧縮方法。

7. 基準フレーム間の連続フレームをそれぞれ双方向Bフレームに指定するステップをさらに含む請求の範囲6に記載の方法。

9. 少なくとも1つのO型画面変化が検出された前記複数のGOPのそれぞれについて、複数のフレームをI1基準フレームとP1基準フレームの間のB1フレームと指定して確定し、前記B1フレームのそれぞれは前記割り当てステップによる所定のビットレートを有するようにするステップと、

O型画面変化が検出されなかった前記複数のGOPのそれぞれについて、複数のフレームを基準フレーム間のB2フレームと指定して確定し、前記B2フレームはそれが前記割り当てステップによる所定のビットレートを有するようにするステップと、

をさらに含む請求の範囲8に記載の方法。

13. 前記割り当てステップでは、人間の視覚における前方向時間マスキングを利用して前記フレームにビットレートを割り当てることで、画面変化における直後のフレームが粗く符号化される請求の範囲2に記載の方法。

16. 基準フレーム間に双方向補間フレーム(B)を割り当てるステップをさらに含む請求の範囲15に記載の方法。

45. MPEG標準に準拠して内部(I)、予測(P)、双方向(B)フレームを用いるビデオデータ圧縮システムにおいて、

ピクチャグループ (G O P) のフレーム間の時間的動きのしきい値を予め設定して I および P 基準フレームを、基準フレーム間の可変的間隔を決定するために指定するステップと、

I フレームと P フレーム、 I フレームどうし、または P フレームどうしの対のいずれか 1 つの間にそれぞれ配置したフレームを B フレームに指定するステップと、
を含む方法。

4 6. 所定数のフレームを含むピクチャグループ (G O P) により関連させられたビデオデータからなるビデオデータ圧縮システムであって、

前記フレーム間の全体的な動きであるグローバルモーションの度合を決定するための動き検出手段と、

前記動き検出手段からの前記グローバルモーションの測定値に応じて、前記フレームを基準フレームと確実に指定すること、および基準フレーム間の時間的スペシシングを調節するための手段と、

前記基準フレームを符号化するための符号化手段と、
を含むシステム。

4 8. 前記動き検出手段は、直前の基準フレームと後続フレームからの積算した動きが所定の T_0 しきい値で定められる値を超える時点を検出し、前記指定手段が前記後続フレームの直前のフレームを P 1 フレームと指定して確定することで

応答するようにするための 0 型画面変化検出器手段を含む請求の範囲 4 6 に記載のシステム。

4 9. 前記動き検出手段は、 2 つの連続フレーム間の測定されたグローバルモーションのレベルが実質的な画面乃至ピクチャの変化を表わす所定の T_1 しきい値で定められる値を超える時点を検出し、前記指定手段が前記 2 つの連続フレームの第 1 に発生するフレームを P 2 フレームに、また前記 2 つの連続フレームの他方乃至第 2 に発生するフレームを I 2 フレームと指定して確定することで応答するようにするための 1 型画面変化検出器手段を含む請求の範囲 4 6 に記載のシステム。

52. 基準フレームを含むフレームのグループに含まれるビデオデータを圧縮するための装置であって、

フレーム間の全体的な動きであるグローバルモーションの度合をフレーム間について決定するための手段と、

決定した前記グローバルモーションに応じて前記グループ内のフレームの形式を分類するための手段と、

分類に基づいてフレームを処理し、これにより前記G O P構造を決定するための動き補償符号器手段動き補償符号器手段と、

を含む装置。

53. 前記分類するための手段は、隣接するフレームの第1のものをP2フレームに、前記隣接するフレームの後のものをI2フレームに、これらの間の前記グローバルモーションが急激な画面変化を表わす任意の値を越える場合に分類し、それ以外の全てのIフレームおよびPフレームはI1およびP1フレームとして指定することを含む請求の範囲52に記載の装置。

58. 所定数のフレームを含むピクチャグループ(G O P)により関連させられたビデオデータからなるビデオデータを圧縮するシステムであって、

前記ビデオデータを受信し、それぞれ個別のフレームのサブサンプリングした画素を全体として表わす複数の空間サブバンドを前記ビデオデータから抽出するためのサブバンドビデオ符号化手段と、

前記フレームの前記空間サブバンドのサブサンプリングした対応画素それぞれの間のグローバルモーションの度合を決定するための動き検出手段と、

前記動き検出手段からの前記グローバルモーション測定値に応じて基準フレーム間の時間的スペーシングを指定し調節するための手段と、

前記基準フレームの前記空間的サブバンドをそれぞれ符号化するためのサブバンド符号化手段とを含み、

前記指定手段は、前記空間サブバンド間のグローバルモーションに関係させて前記基準フレームの幾つかをPフレームとして符号化するための手段を含み、

前記動き検出手段は、前記Pフレームを相対的な動きの内容によって異なるビ

ット数で符号化するための画面変化検出器手段を含むシステム。

5 9. 前記指定手段は、前記フレームの別々の前記空間サブバンド間についてのグローバルモーションに関係させて前記基準フレームを I および／または P および B フレームとして符号化するための手段をさらに含む請求の範囲 5 8 に記載のシステム。

6 0. 前記動き検出手段は、連続したフレームの空間サブバンドからの累積した動きとこれに対応する直前の基準フレームの空間サブバンドとが所定の T_0 しきい値を越える時点を検出するための 0 型画面変化検出器手段をさらに含み、そして前記指定手段が前記連続フレームの直前のフレームを P 1 フレームに指定することにより応答する請求の範囲 5 8 に記載のシステム。

6 1. 前記動き検出手段は、2 つの連続するフレームの対応する空間サブバンドの間のグローバルモーションが実質的な画面乃至ピクチャの変化を表わす所定の T_1 しきい値を越える時点を検出するための 1 型画面変化検出器手段をさらに含み、これにより前記指定手段は、前記 2 つの連続フレームの第 1 に発生するフレームを P 2 フレームとして、また前記 2 つの連続フレームの他方乃至第 2 に発生するフレームを I 2 フレームとして指定することにより応答する請求の範囲 5 8 に記載のシステム。

6 2. 前記動き検出手段は、2 つの連続するフレームの対応する空間サブバンドの間のグローバルモーションが実質的な画面乃至ピクチャの変化を表わす所定の T_1 しきい値を越える時点を検出するための 1 型画面変化検出器手段をさらに含み、これにより前記指定手段は、前記 2 つの連続フレームの第 1 に発生するフレームを P 2 フレームとして、また前記 2 つの連続フレームの他方乃至第 2 に発生するフレームを I 2 フレームとして指定することにより応答する請求の範囲 6 0 に記載のシステム。

6 3. 前記複数のフレームは、それぞれ所定数の連続フレームからなるピクチャグループ (G O P) として配列され、そして前記符号化手段は、与えられた G O P のサブバンドの符号化に用いるビット数がシステムのビット容量を超えないことを保証するためのビットレート制御手段をさらに含む請求の範囲 6 2 に記載のシステム。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inten. and Application No.
PCT/US 95/00773

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 6 H04N7/26 H04N7/36 H04N7/46 H04N7/50			
<small>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</small>			
B. FIELDS SEARCHED <small>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)</small> IPC 6 H04N			
<small>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</small>			
<small>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)</small>			
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	
X	EP,A,0 520 789 (SONY CORP.) 30 December 1992	1-3, 45-47, 58,59	
A	see column 2, line 35 - column 4, line 18; claim 9	4-44, 48-57, 60-63	
A	US,A,4 999 704 (ANDO) 12 March 1991 see the whole document	1-63	
P,X	EP,A,0 597 647 (SONY CORP.) 18 May 1994	1-3, 45-47, 58,59	
P,A	see the whole document	4-44, 48-57, 60-63	
		-/-	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.	
<small>* Special categories of cited documents :</small>			
<small>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</small>			
<small>"B" earlier document but published on or after the international filing date</small>			
<small>"C" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</small>			
<small>"D" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</small>			
<small>"E" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</small>			
<small>"F" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</small>			
<small>"G" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</small>			
<small>"H" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</small>			
<small>"I" document member of the same patent family</small>			
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report	
24 May 1995		19.06.95	
Name and mailing address of the E.A. European Patent Office, P.O. SR18 Patentlaan 2 NL - 2280 Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 (p0 n), Fax. (+31-70) 340-3016		Authorized officer Foglia, P	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internatinal Application No.
PCT/US 95/00773

C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		Relevant to claim No.
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	
X	US,A,5 134 476 (ARAVIND ET AL.) 28 July 1992	1,45
A	see column 8, line 11 - line 18	2-44, 46-63
A	EP,A,0 444 839 (SONY CORP.) 4 September 1991 see page 10, paragraph 2 - page 15, paragraph 3	1-4,6-9, 13,14, 17,18
P,A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 18 no. 286 (E-1556) ,31 May 1994 & JP,A,06 054319 (HITACHI LTD.) 25 February 1994, see abstract	1,2,14
A	EP,A,0 540 961 (IBM CORP.) 12 May 1993 see the whole document	1-63
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 13 no. 34 (E-708) ,25 January 1989 & JP,A,63 232691 (FUJITSU LTD.) 28 September 1988, see abstract	1,2,13, 14
A	EP,A,0 474 388 (MATSUSHITA ELECTRIC IND. CO. LTD.) 11 March 1992 see the whole document	1-3, 13-16
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 17 no. 494 (E-1428) ,7 September 1993 & JP,A,05 122684 (HITACHI LTD.) 18 May 1993, see abstract	1-3, 13-16
A	GB,A,2 153 625 (KOKUSAI DENSHIN DENWA CO. LTD.) 21 August 1985 see the whole document	1-11,19, 20,33-36
A	EP,A,0 518 314 (MITSUBISHI DENKI K.K.) 16 December 1992 see the whole document	1-11,19, 20,33-36
P,A	EP,A,0 584 840 (VICTOR COMPANY OF JAPAN, LTD.) 2 March 1994 see the whole document	1-11,19, 21,22
A	US,A,4 383 272 (NETRAVALI ET AL.) 10 May 1983 see the whole document	1-11,19, 21,22
A	EP,A,0 414 113 (DEUTSCHE THOMSON-BRANDT GMBH) 27 February 1991 see the whole document	1,31

-/-

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/US 95/00773

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP,A,0 405 842 (MATSUSHITA ELECTRIC IND. CO. LTD.) 2 January 1991 see the whole document ----	1,31
A	US,A,4 996 594 (MURAYAMA) 26 February 1991 see the whole document ----	1-31
A	EP,A,0 472 806 (INSTITUTE FOR PERSONALIZED INFORMATION ENVIRONEMENT) 4 March 1992 see the whole document ----	1,31
A	WO,A,93 09637 (AWARE, INC.) 13 May 1993 see the whole document ----	1,40-44, 58-63
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 17 no. 437 (E-1413) ,12 August 1993 & JP,A,05 091498 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 9 April 1993, see abstract ----	1,40-44, 58-63
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 17 no. 169 (E-1344) ,31 March 1993 & JP,A,04 326680 (CANON INC.) 16 November 1992, see abstract -----	1,40-44, 58-63

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.
PCT/US 95/00773

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-520789	30-12-92	JP-A- 5183872	23-07-93
US-A-4999704	12-03-91	JP-A- 2172389	03-07-90
EP-A-597647	18-05-94	JP-A- 6153152	31-05-94
US-A-5134476	28-07-92	NONE	
EP-A-444839	04-09-91	JP-A- 3247191 JP-A- 3250811 JP-A- 3250884 US-A- 5164828	05-11-91 08-11-91 08-11-91 17-11-92
EP-A-540961	12-05-93	US-A- 5231484 CA-A- 2077058 JP-A- 5252507	27-07-93 09-05-93 28-09-93
EP-A-474388	11-03-92	JP-A- 4117882 US-A- 5136378	17-04-92 04-08-92
GB-A-2153625	21-08-85	JP-C- 1842914 JP-A- 60158786 US-A- 4695882	12-05-94 20-08-85 22-09-87
EP-A-518314	16-12-92	JP-A- 5227038 AU-B- 658889 AU-A- 1813292 US-A- 5251030	03-09-93 04-05-95 17-12-92 05-10-93
EP-A-584840	02-03-94	JP-A- 2285816 DE-D- 69012405 DE-T- 69012406 EP-A- 0395440 US-A- 4982285	26-11-90 20-10-94 23-02-95 31-10-90 01-01-91
US-A-4383272	10-05-83	NONE	
EP-A-414113	27-02-91	DE-A- 4007851 JP-A- 3143183	28-02-91 18-06-91

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.
PCT/US 95/00773

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP-A-405842	02-01-91	JP-A-	3029479	07-02-91
		JP-A-	3162178	12-07-91
		US-A-	5028996	02-07-91
US-A-4996594	26-02-91	JP-A-	2020185	23-01-90
EP-A-472806	04-03-92	JP-A-	4111181	13-04-92
		US-A-	5083860	28-01-92
WO-A-9309637	13-05-93	US-A-	5272530	21-12-93
		AU-A-	2900392	07-06-93
		US-A-	5301020	05-04-94

フロントページの続き

(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, DE,
DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, M
C, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG
, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN,
TD, TG), AP(KE, MW, SD, SZ), AM,
AT, AU, BB, BG, BR, BY, CA, CH, C
N, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE
, HU, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK,
LR, LT, LU, LV, MD, MG, MN, MW, M
X, NL, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD
, SE, SI, SK, TJ, TT, UA, UZ, VN

(72) 発明者 ディキンソン, ブラッドリー ダブリュ.
アメリカ合衆国 ニュージャージー州 マ
ーサー郡 ローレンスビル アビードライ
ブ7

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.